

Master 2nde année mention STAPS : EOPS
ENTRAINEMENT ET OPTIMISATION DE LA PERFORMANCE SPORTIVE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2021-2022

MEMOIRE

**QUANTIFICATION DE LA CHARGE EXTERNE D'UN
MATCH DE RUGBY A XV D'UNE EQUIPE DE U18 DE
NIVEAU NATIONAL**

PRESENTE PAR : ETIENNE DELFORGE

SOUS LA DIRECTION DE : FREDERIC DAUSSIN

SOUTENU LE 30/06/2022

DEVANT LE JURY : MURIELLE GARCIN

DEVANT LE RAPPORTEUR : YOHAN ROUSSEL

STAPS : EOPS (Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive)

« 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 tout d'abord à remercier la faculté des sciences du sport et de l'éducation physique de Lille ainsi que la ligue des Hauts-de-France de rugby de m'avoir permis d'effectuer ma seconde année de master en apprentissage.

Je suis particulièrement reconnaissant de l'opportunité qui m'a été offerte par Frédéric Daussin, Olivier Piat, Sébastien Zamia et Sébastien Imbert. Sans eux, je n'aurais pas eu la chance de faire ce second master.

Merci à Olivier Piat et Sébastien Zamia pour leurs conseils, partage d'expériences et leurs réflexions dans l'élaboration des nouvelles compétences que je me suis construites cette année. Être régulièrement auprès de vous m'a permis de me bâtir une image très positive de la vie professionnelle.

Je tiens particulièrement à remercier Frédéric Daussin et Sébastien Imbert qui m'ont encadré et accompagné au cours de cette année. Je suis très reconnaissant de la confiance et de l'aide que vous m'avez accordée. Grâce à vous, j'ai énormément appris et je continue encore d'apprendre. Vous avoir rencontré a fortement influencé ma vie et ma manière de voir les choses. J'ai hâte d'entreprendre les projets que nous élaborons ensemble depuis maintenant plus d'un an.

Je remercie les joueurs et les joueuses du centre d'entraînement de la ligue ainsi que les joueuses du Pôle Espoirs. Les accompagner, préparer leurs séances, les encadrer et échanger avec eux m'a permis d'aiguiser mes réflexions et les démarches que j'entreprends dans le processus de l'entraînement.

Enfin, j'exprime toute ma gratitude à mes parents et à ma compagne. Sans leur aide, je n'aurais pas pu mener à bien tous les projets dans lesquels je me suis investi cette année.

Sommaire

1. Introduction.....	7
2. Revue de littérature	8
2.1. Définition du rugby à XV	8
2.2. La charge de travail.....	10
2.3. Acquisition des données de la charge externe	12
2.3.1. Le GPS	12
2.3.2. Les CAC (Centrales à Analyse Cinématique).....	13
2.4. Demandes physiologiques d'un match de rugby à XV	15
2.4.1. Demandes du niveau sénior	15
2.4.2. Demandes des niveaux jeunes.....	16
3. Problématique	17
4. Objectif.....	18
5. Hypothèse.....	18
6. Milieu professionnel	18
6.1. Organisation, acteurs et enjeux	18
6.2. Missions.....	19
7. Matériel et méthode	19
7.1. Population.....	19
7.2. Protocole expérimental.....	19
7.3. Mesures avec la CAC	20
8. Analyse statistique	21
9. Résultats	21
9.1. Nombre de séquences obtenues.....	21
9.2. Activité des joueurs en match	21
9.3. Distances parcourues par seuils d'intensité.....	22
9.4. Récapitulatif des résultats.....	23
10. Discussion	24
11. Conclusion	26
12. Bibliographie.....	27
Annexe 1 : Fiche de suivi de match	30
Annexe 2 : Exemple de compte rendu de match.....	31

Glossaire

3D : 3 Dimensions

CAC : Centrale à Analyse Cinématique

CS : Centre de Suivi

ES : Effect Size (taille de l'effet)

FFR : Fédération Française de Rugby

GPS : Global Positioning System (système de localisation par satellite)

Hz : Hertz

IC : Intervalle de Confiance

IRB : International Rugby Board

RPE : Rate of Perceived Exertion

URePSSS : Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé, Société

1. Introduction

L'objectif du processus d'entraînement est d'optimiser la capacité de performance en compétition. Pour être efficace, l'entraînement sportif doit être calibré en fonction des exigences de l'activité spécifiques aux matchs. En effet, Deutsch et *al.* (1998), indiquent qu'un maximum de bénéfices est obtenu quand les stimuli d'entraînement reproduisent ou dépassent les demandes physiologiques de la situation de performance. Ainsi, la connaissance précise des stress imposés aux joueurs lors de leurs compétitions va permettre aux staffs sportifs de les préparer d'une manière optimale. Cela passe donc par l'étude et l'analyse des stimuli physiologiques et cognitifs auxquels doit faire face l'individu en match.

Depuis plusieurs années, la recherche scientifique et le monde professionnel s'attèlent à déterminer les exigences des disciplines sportives. C'est le cas du rugby, où plusieurs études (Duthie et *al.*, 2003, 2006 ; Ziv et Lidor, 2016 ; Bridgeman et Gill, 2021) ont essayé de déterminer les exigences physiologiques des joueurs. Duthie (2006), a démontré que de nombreuses qualités physiques étaient nécessaires pour répondre aux exigences de la compétition : la puissance, la force, la vitesse et l'endurance. De plus, Bridgeman et Gill (2021) ont défini le rugby à XV comme un sport intermittent de haute intensité qui implique de produire un maximum de force, de puissance, des efforts statiques, des collisions, des impacts, ainsi que des hautes vitesses de course. Ces phases sont entrecoupées de périodes de récupération ou d'efforts à faible intensité.

Pour monitorer ces efforts, plusieurs outils peuvent être utilisés. Les plus courants sont l'analyse vidéo et l'utilisation des systèmes GPS (Global Positioning System) couplés avec une centrale inertielle. La vidéo permet d'étudier les déplacements des joueurs et est utile pour quantifier les efforts de match. Elle peut servir à évaluer des efforts physiques, mais donne également des informations sur la technique et les choix tactiques effectués par les joueurs. Les systèmes utilisant les GPS et les centrales inertielles permettent quant à eux d'obtenir des informations en direct ou en différé, sur les demandes physiologiques propres au sportif. Ces outils peuvent servir à quantifier la charge de travail d'un entraînement ou d'un match en mesurant les mouvements des joueurs. Ils permettent d'obtenir des données objectives à travers des variables comme la vitesse de déplacement, les distances parcourues et les accélérations.

Cependant, les exigences de l'activité en compétition ne dépendent pas que des caractéristiques de l'activité en elle-même. Elles fluctuent en fonction de la catégorie et du niveau de compétition étudiés. De ce fait, la quantification des exigences de l'activité n'est valable que dans le contexte dans lequel elle a été effectuée. Pour pouvoir élaborer une planification et construire des entraînements adaptés, il est nécessaire de monitorer l'activité propre du public que l'on entraîne.

2. Revue de littérature

2.1. Définition du rugby à XV

Le rugby est un sport de combat collectif qui oppose deux équipes et dont le but est de marquer plus de points à la main et/ou au pied que son adversaire. Il se pratique avec un ballon ovale, sur un terrain qui mesure en général 100 x 68 m (Dubois, 2017a, Figure 1). Pour atteindre leurs objectifs, les joueurs vont courir avec le ballon, se faire des passes sur le côté et/ou en arrière, ou frapper le ballon avec le pied. Si un joueur amène la balle derrière la ligne d'en-but adverse et la pose au sol, un essai est alors marqué. L'équipe qui a marqué a alors la possibilité d'effectuer une transformation en amenant la balle entre les 2 poteaux adverses suite à une frappe au pied. Ensuite, le match reprend par une remise en jeu au milieu du terrain par l'équipe qui a encaissé les points (Ziv et Lidor, 2015). Il est également possible de marquer des points à la suite d'une pénalité ou d'un drop.

Etant un sport de combat, l'engagement physique est un élément extrêmement important en rugby (Dubois, 2017a). De ce fait, il est nécessaire que les joueurs disposent de qualités physiques variées telles que la vitesse, l'endurance et la puissance (Gabbett et *al.*, 2011a, 2011b et 2011c). Ziv et Lidor (2015), indiquent que le rugby est un sport de nature intermittente avec beaucoup de changements de rythme, allant d'efforts de haute intensité en sprint ou d'enchaînement de tâches (plaquages, poussées), à du jogging, des périodes de marche ou encore d'attente.

Le rugby à XV est la pratique la plus répandue et médiatisée du rugby. En compétition, un match oppose 2 équipes composées de 15 joueurs qui vont s'affronter au cours de 2 mi-temps de 40 minutes (Dubois, 2017a). Chaque équipe est composée de 8 joueurs appelés « avants ». Ce sont les joueurs participant à la mêlée. Les 7 joueurs restant représentent les « arrières ». Sur le terrain, des différences apparaissent entre l'activité des avants, plus impliqués dans des efforts statiques de haute intensité, et les arrières, qui passent plus de temps à courir à haute intensité. Ces caractéristiques sont propres aux postes et résultent des différents rôles que doivent tenir les joueurs.

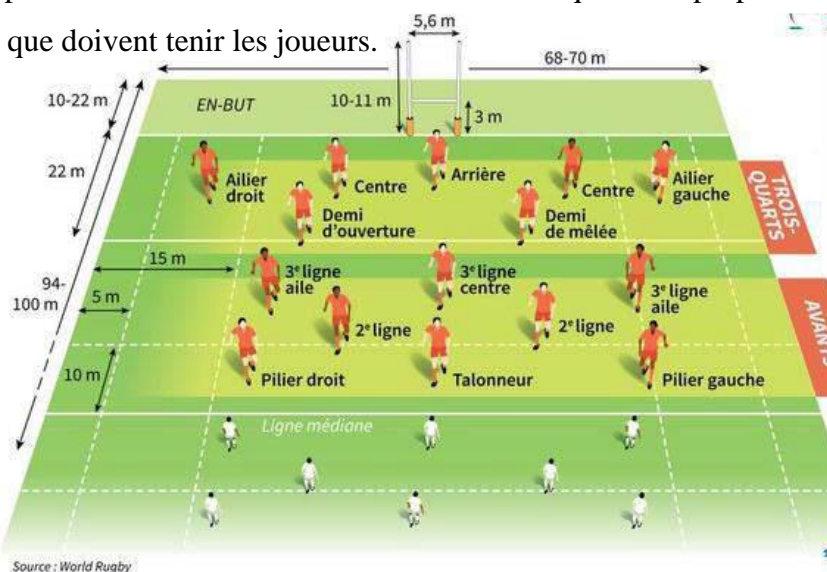


Figure 1 : Dimensions du terrain et postes du rugby à XV tiré de Dubois (2017a). Sources : AFP sport et World Rugby.

D'après Bouthier (2007), le rugby connaît depuis 1980 une forte expansion sportive, économique et médiatique. Cela peut s'expliquer par l'arrivée du rugby professionnel. En 1999, quelques années après la professionnalisation du rugby à XV de 1995, l'IRB (International Rugby Board) introduit de nouvelles règles pour corriger des problèmes survenus dans le jeu. Elles ont pour but d'améliorer la sécurité, d'accroître la compétitivité et la continuité. Si on le compare avec la pratique des années 1980, on peut constater que le rugby à XV a fortement évolué (Tableau 1). Conjointement à ces évolutions, les joueurs de rugby sont devenus de plus en plus grands et de plus en plus lourds, ce qui démontre que l'aspect physique joue maintenant un rôle primordial dans ce sport (Sedeaud et *al.*, 2013).

	1987	2011	Evolution (%)
Temps de jeu effectif	21 minutes 12 secondes	37 minutes 35 secondes	↑ 76 %
Temps de jeu moyen d'une action	13 secondes	42 secondes	↑ 223 %
Nombre de plaquages	160	282	↑ 76 %
Nombre de regroupements	57	134	↑ 135 %
Nombre de mêlées	44	14	↓ 214 %

Tableau 1 : Comparaison des finales de la coupe du monde ayant opposé la France à la Nouvelle-Zélande en 1987 et en 2011. Tiré de Dubois (2017a). Données : « L'équipe.fr ».

Ces évolutions ont permis une augmentation significative du temps de jeu avec ballon (Williams et *al.*, 2005). De plus, la professionnalisation a eu pour conséquences d'augmenter le nombre de contacts et leurs intensités, ce qui a entraîné la nécessité de préparer encore plus physiquement les joueurs professionnels pour qu'ils puissent faire face à l'augmentation de la charge de travail (Lacome, 2013). Ces données sont confirmées par la revue effectuée par Ziv et Lidor (2015). Les auteurs déclarent que les intensités des matchs ont augmenté entre la saison 2000-2001 et celle de 2008-2009. Cela se caractérise par une augmentation des activités de haute intensité, de la fréquence des sprints et du ratio travail/récupération au sein de tous les postes.

La préparation physique est donc devenue une composante omniprésente de la performance en rugby à XV. Un plan de développement structuré doit être mis en place pour développer les qualités physiques telles que la force, la puissance, la vitesse et l'endurance, afin de répondre aux demandes de la compétition, mais également d'optimiser la capacité fonctionnelle des rugbymen (Duthie, 2006).

De nombreuses études se sont intéressées à l'activité en match des joueurs de rugby à XV. Duthie et *al.*, (2003), ont mis en évidence que le rugby est une activité où les efforts de haute intensité sont pratiqués. Ils sont souvent suivis de périodes de récupération incomplète. Chaque poste va également présenter des spécificités.

Par exemple, les avants passent plus de temps dans les phases de contact avec l'opposition tandis que les arrières passent plus de temps à courir, ce qui leur permet de parcourir de plus grandes distances. D'un point de vue anthropométrique, les arrières ont tendance à être plus maigres et plus petits que les avants. Ils sont également plus rapides et explosifs, et ont une meilleure capacité aérobie. Enfin, bien que les arrières parcourent plus de distance que les avants, ce sont les avants qui subissent une plus grande charge de travail, notamment à cause des phases de contacts intenses qu'ils endurent (Duthie et *al.*, 2003).

2.2. La charge de travail

Le terme « charge d'entraînement » date des années 1960, où les premières réflexions théoriques sur les principes d'organisation de l'entraînement ont été posées. A ce moment-là, il est établi que la charge de l'entraînement et la manière de l'appliquer vont influencer la performance des sportifs (Dubois, 2017a). Or, à cette époque, le terme de charge d'entraînement avait tout son sens, car les sportifs devaient être compétitifs une à deux fois par saison, et donc, la charge liée à la compétition demeurait faible en comparaison à la charge induite par l'entraînement (Dubois, 2017a). Cependant, les sportifs d'aujourd'hui, et de surcroît ceux pratiquant des sports collectifs, participent très régulièrement à des compétitions, ce qui engendrent une contrainte importante pour eux. Pour cette raison, il est préférable d'utiliser le terme charge de travail plutôt que celui de charge d'entraînement, car la notion de charge de travail englobe les contraintes imposées aux sportifs lors de leurs entraînements, mais également lors de leurs compétitions (Dubois, 2017a).

Le suivi de la charge de travail s'effectue via deux concepts différents mais complémentaires que sont la charge externe et la charge interne. La charge externe correspond aux caractéristiques de l'exercice, comme l'intensité et le volume (Platonov, 1988). Elle représente la mesure objective du travail qui est accompli par l'athlète au cours des entraînements et/ou des compétitions. Elle se mesure grâce à des paramètres physiques tels que le temps (secondes, minutes), la distance (mètres, km), la vitesse ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) ou la puissance (watts). Ces paramètres peuvent dans le cadre du rugby être obtenus grâce aux données GPS ou à l'analyse vidéo. La charge externe permet de mesurer et de prescrire le travail qui est effectué par les sportifs. Bourdon et *al.* (2017) définissent la charge interne comme étant l'ensemble des stress biologiques (physiologiques et psychologiques) imposés à un sportif au cours d'un entraînement et/ou d'une compétition. En effet, la pratique d'un exercice va perturber l'équilibre de l'organisme du sportif, qui en réponse, devra s'adapter. Elle est quantifiable via la mesure de différents marqueurs qui peuvent être objectifs, tels que la fréquence cardiaque (battements par minute), des marqueurs biologiques (lactate, créatine kinase) et la consommation d'oxygène ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$). Des outils subjectifs comme les questionnaires de perception de l'effort (RPE : Rate of Perceived Exertion) peuvent également être utilisés pour l'étudier.

La pratique d'un même exercice, et donc d'une même charge externe, entraîne des réponses internes qui peuvent être différentes en fonction des sujets. Par exemple, le fait de courir à 15 km.h⁻¹ peut être perçu comme étant plus difficile pour un sujet non entraîné que pour un athlète, et même produire une augmentation plus importante de la fréquence cardiaque du sujet non entraîné par rapport au sportif. La charge interne est donc un paramètre individuel qui varie en fonction des sujets, même dans le cas où ceux-ci sont exposés à une même modalité d'exercice. La variabilité de la réponse à la charge de travail peut être causée par différents facteurs, tels que l'âge, le sexe, le potentiel de récupération, l'entraînabilité et les facteurs génétiques (Bouchard et *al.*, 1999 ; Heck et *al.*, 2004 ; Borrensen et Lambert, 2009). Pour cette raison, il est important d'étudier la charge de travail en tenant compte à la fois de la charge externe et de la charge interne.

Toutes les méthodes de monitoring de la charge de travail possèdent leurs propres spécificités. En effet, en fonction de ce que l'on souhaite mesurer, du matériel à disposition et du budget alloué au suivi de la charge, les outils utilisés peuvent différer d'un contexte à un autre. Il est également important de souligner que chaque outil présente une validité et une fiabilité qui peut différer en fonction du modèle, de la marque et également de la méthode de traitement des données employée. Ci-dessous, un tableau présentant un résumé des principales méthodes de mesure de la charge de travail utilisées dans le monitoring des sports collectifs (Tableau 2).

Mesures externes						
Méthode	Coût	Matériel	Informatique	Valide	Fiable	Variables
Temps	F	O	O/N	E	E	Unité de temps (s, min, h, jour, semaine, année)
Fréquence d'entraînement	F	N	N	E	E	Quantité de séances
Distance Kilométrage	F	O/N	O/N	E	E	Unité de distance (m, km)
Coût des mouvements	F	O/N	O/N	E	M - E	Quantité d'activités (sauts,...)
Format d'entraînement	F	O/N	N	E	E	Musculation, course à pied, vélo, natation, rameur,...
Vitesse	F - M	O	O/N	E	E	Mesures de vitesse (m.s ⁻¹ , m.min ⁻¹ , km.h ⁻¹)
Accélération	F - M	O	O	E	E	Mesures d'accélération (m.s ⁻²)
Mesures GPS	M	O	O	M - E	M	Vitesse, distance, accélération, temps dans les zones, localisation
Puissance métabolique	M	O	O	F - M	M	Energie
Analyse vidéo	E	O	O	M - E	M	Vitesse, localisation, accélération
Accélérométrie	M	O	O	M - E	M	x-y-z g force
Player load	M	O	O	M	M	Une seule variable (UA)

Tableau 2 : Résumé des principales mesures externes et internes utilisées dans le suivi de la charge de travail en sport collectif. Tiré de Marrier (2018) et adapté de Bourdon et *al.*, (2017). F : faible, M : moyen, E : élevé, O : oui, N : non, UA : unité arbitraire

Mesures internes						
Méthode	Coût	Matériel	Informatique	Valide	Fiable	Variables
RPE	F	N	O/N	M - E	M - E	Une seule variable (UA)
sRPE	F	N	O/N	M - E	M - E	Une seule variable (UA)
TRIMP	F - M	O	O	M - E	M - E	Une seule variable (UA)
Indices de FC	F - M	O	O	E	M - E	FC, temps passé dans des zones, FC variabilité
Consommation O ₂	E	O	O	E	E	VO ₂ Equivalents métaboliques
Lactate sanguin	M	O	O/N	E	E	Concentrations

Tableau 2 : Suite

Le monitoring de la charge externe et de la charge interne permet donc de suivre d'une manière précise les stress qui sont imposés aux joueurs lors des entraînements et compétitions. Cela permet notamment d'obtenir des valeurs objectives des exigences de la compétition et également de déceler des critères de performance. Ces indicateurs sont une aide aux entraîneurs puisqu'ils leur permettent de créer des contenus d'entraînement adaptés aux développements des qualités physiques nécessaires à la performance en compétition.

2.3. Acquisition des données de la charge externe

2.3.1. Le GPS

Dans les sports collectifs de plein air, la charge externe est d'une manière générale mesurée grâce à l'outil GPS. Historiquement, la technologie GPS est un système de positionnement par satellites développée par la défense américaine à des fins militaires. Ce système regroupe 27 satellites en orbite autour de la terre. Le GPS est un outil qui permet de recevoir des signaux émis par les satellites, et grâce au calcul de la durée de propagation du signal, le récepteur GPS peut déterminer la distance le séparant du satellite (Fornasier-Santos, 2018). La distance entre le GPS et le satellite est obtenue en multipliant la durée de propagation du signal par la vitesse de la lumière. La position d'un GPS est ensuite déterminée par trigonométrie grâce la réception des signaux envoyés par au moins 4 satellites (Larsson, 2003).

Le GPS permet de mesurer différents paramètres. Par exemple, il mesure les distances parcourues grâce à l'évolution des positions de l'appareil. L'évolution des positions de l'appareil enregistrée par le GPS en fonction du temps lui permet de calculer sa vitesse de déplacement. McLellan et *al.* (2011), déclarent que les GPS réussissent à donner des feedbacks en temps réel et de manière significative sur les différentes distances parcourues, les caractéristiques des vitesses de course ainsi que les demandes physiologiques d'un match de compétition.

En mesurant les mouvements des joueurs, le GPS peut être utilisé pour quantifier d'une manière objective l'effort et le stress physique subi par les athlètes, expliciter les performances en compétition, évaluer les différentes charges de travail, définir l'intensité des entraînements et monitorer les changements des exigences physiologiques des joueurs (McLellan et *al.*, 2011 ; Cummins et *al.*, 2013).

La précision du GPS va dépendre de plusieurs paramètres, dont notamment de sa fréquence d'échantillonnage. Celle-ci correspond au nombre d'informations enregistrées par seconde et s'exprime en Hertz (Hz). Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée, plus le GPS collecte des données et plus il suit avec précision les variations des positions de son porteur. Scott et *al.* (2016), indiquent dans une revue que tous les GPS (1, 5, 10 et 15 Hz) sont capables de suivre les distances parcourues par les sportifs d'une manière reproductible. Les GPS de 1 et 5 Hz possèdent des limites concernant la précision des mesures des distances à haute intensité de course, les mesures de vitesse, les sprints courts et particulièrement ceux avec changement de direction. Les GPS 10 Hz semblent être les plus valides et reproductibles, car ils surmontent la plupart de ces limitations. Enfin, les auteurs déclarent que les GPS 15 Hz n'apportent pas de bénéfice supplémentaire en comparaison aux GPS 10 Hz.

2.3.2. Les CAC (Centrales à Analyse Cinématique)

Les boîtiers contenant le GPS (CAC) sont également dotés d'une centrale inertielle. Elle est composée d'un accéléromètre 3 dimensions (3D), d'un gyroscope 3D et d'un magnétomètre 3D. Ces outils peuvent posséder une haute fréquence d'échantillonnage (100 Hz) permettant de mesurer les micromouvements (les accélérations et autres données dérivées de l'accélérométrie) ainsi que l'orientation de l'athlète (Fornasier-Santos, 2018). Grâce à ces outils, il est possible de mesurer d'une manière précise les micromouvements qui ne peuvent pas être enregistrés par le GPS, à cause de sa faible fréquence d'échantillonnage (Cummins et *al.*, 2013).

Dans l'accéléromètre 3D, les mesures d'accélération s'effectuent selon les 3 axes (x, y et z) et permettent d'obtenir des données dans l'axe vertical, l'axe antéro-postérieur et l'axe sagittal. L'accéléromètre permet d'apporter des informations sur la charge de travail physique et sur les mouvements réalisés (Cummins et *al.*, 2013). Ces données sont issues de l'enregistrement des accélérations et des décélérations ($m.s^{-2}$) auxquelles est soumis l'accéléromètre. Dalen et *al.* (2016), ont établi que l'analyse des accélérations et des décélérations pouvait représenter une méthode intéressante de l'évaluation des efforts de course. Dubois et *al.* (2017b), indiquent que les accélérations, les décélérations, les changements de direction et les sprints représentent les activités dominantes dans les sports collectifs. De plus, la répétition de ces actions contribuerait à augmenter significativement la dépense d'énergie du joueur au cours d'un match. De ce fait, se concentrer uniquement sur les vitesses sans tenir compte de ces autres variables pourrait sous-estimer les efforts de haute intensité liés à la course.

Utiliser les accélérations et décélérations permettrait donc une meilleure estimation des exigences des sports collectifs, telles que celles du rugby à XV.

Boyd et *al.* (2011), se sont intéressés à la fiabilité des accéléromètres (*MinimaxX 2.0, Catapult, Australie*). Ils ont mis en évidence que ces accéléromètres présentaient une fiabilité acceptable lors de tests de laboratoire et de terrain, pour mesurer l'activité physique en sport collectif au travers des joueurs et la répétition d'activités. Les auteurs suggèrent que les accéléromètres peuvent détecter les changements d'activité. Cependant, les mesures des impacts et des collisions en rugby peuvent encore être limitées par la capacité des accéléromètres à différencier les types d'impacts. En effet, Cummins et *al.* (2013) déclarent que l'analyse complète des plaquages et des contacts est complexe. Elle requiert une mise en commun manuelle des événements enregistrés par la CAC avec les données de l'analyse vidéo. Ces résultats sont confirmés par l'étude de Reardon et *al.* (2017), sur les CAC (*Catapult Optimeye S5*). Les auteurs indiquent que les collisions peuvent être sous ou surestimées par l'appareil en comparaison avec celles relevées par un expert de l'analyse vidéo. Même l'utilisation d'un incrément de 0,5 g force ne permettrait pas de coder d'une manière reproductible les collisions. Quant à lui, le gyroscope 3D est un appareil de mesure qui permet d'obtenir la position angulaire de son référentiel par rapport à un référentiel galiléen. Grâce à cet appareil, il est possible de mesurer l'orientation du corps de l'athlète selon les trois axes x, y et z. Le magnétomètre 3D permet d'obtenir la direction du mouvement grâce aux mesures de la force et de la direction du champ magnétique. C'est la boussole de la centrale inertielle (Fornasier-Santos, 2018).

La CAC étant composée d'un GPS et d'une centrale inertielle (Figure 2), permet donc d'obtenir des informations très importantes sur la nature du travail physique réalisé par le sportif. Elle permet entre autres de mesurer les déplacements, les distances, les accélérations, les vitesses et les micromouvements. Grâce à ces données, le staff sportif est en mesure d'obtenir des informations objectives sur la nature du travail effectué et notamment sur la charge externe subie par le sportif. La CAC peut donc être utilisée pour suivre l'activité du joueur en match et à l'entraînement, mais aussi pour caractériser les demandes de la compétition et déterminer l'efficacité d'une séance d'entraînement et l'atteinte ou non des objectifs physiologiques.

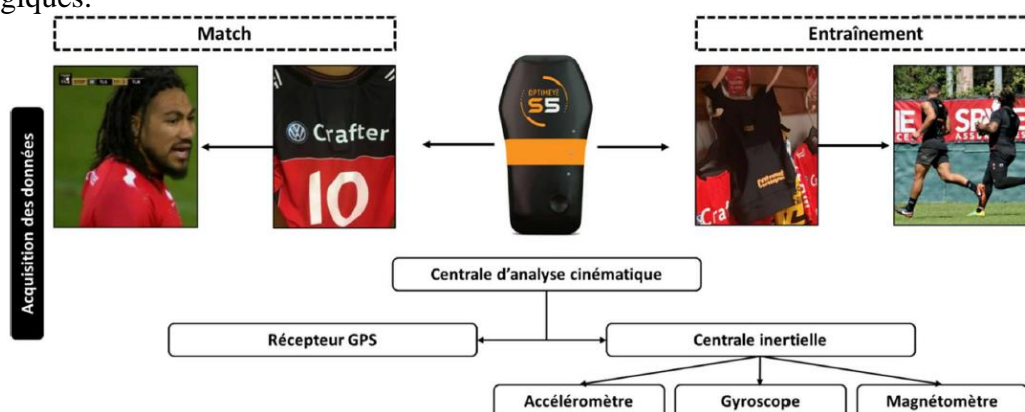


Figure 2 : Utilisation de la CAC, tiré de Fornasier-Santos (2018).

2.4. Demandes physiologiques d'un match de rugby à XV

2.4.1. Demandes du niveau sénior

Bridgeman et Gill (2021), ont effectué une revue de littérature sur l'utilisation des systèmes GPS et des accéléromètres en rugby à XV chez des joueurs séniors (de clubs professionnels ou de niveau international) et chez des jeunes joueurs (internationaux U20, universitaires, d'académies U18 et U16). 51 études ont été incluses dans leur revue. Leurs résultats indiquent qu'il y a une différence d'activité entre les avants et les arrières ainsi qu'entre les positions relatives à ces postes (par exemple, entre les joueurs de la ligne avant et ceux de la ligne arrière). Ces différences s'observent à l'entraînement et en match. Les arrières parcourent plus de distance totale, de distance relative et de distance à haute intensité que les avants. Cependant, les avants sont impliqués dans plus de collisions et d'impacts que les arrières. Les auteurs déclarent que les variables les plus communément mesurées à l'aide des micro-technologies (GPS et accéléromètres) ont permis aux entraîneurs et scientifiques d'évaluer ce qu'il se passait à l'entraînement et en match. Les mesures les plus fréquentes sont la distance en fonction des zones de vitesse, la course à haute vitesse et la distance totale. Bridgeman et Gill (2021), signalent dans leur revue que 4 études rapportent que les arrières couvrent significativement plus de distance que les avants ($p < 0,05$). Les avants d'un niveau international parcourent en moyenne 5759 ± 731 m et les arrières 6792 ± 446 m lors d'un match. Au niveau des clubs professionnels, les avants réalisent en moyenne 5476 ± 581 m par match, et les arrières 6316 ± 446 m. Beard et *al.* (2019), observent qu'il existe des différences entre les demandes liées au niveau de compétition au sein d'une même catégorie de postes. En effet, les ailiers et les arrières de niveau international parcourent significativement plus de distance que ceux de clubs professionnels (+10,8%, $p < 0,05$).

Jones et *al.* (2014) ont étudié les données (28 séniors professionnels) issues de 4 groupes de match de la coupe d'Europe de rugby à XV de la saison 2012-2013. Les arrières ont parcouru significativement plus de distance que les avants (5959 ± 1013 m vs. 4906 ± 902 m, $p < 0,01$), et ont eu un rythme plus élevé ($67,8 \pm 8,2$ m.min⁻¹ vs. $60,4 \pm 7,8$ m.min⁻¹, $p < 0,001$). Ils ont couvert plus de distance à haute vitesse (>5 m.s⁻¹; 509 ± 150 m vs. 231 ± 167 m, $p < 0,001$) et de distance de sprint ($<5,6$ m.s⁻¹; 333 ± 122 m vs. 121 ± 112 m, $p < 0,001$). Ces données sont confirmées par Dubois et *al.* (2017b). Leurs recherches montrent que les arrières couvrent plus de distance à haute intensité ($>14,4$ km.h⁻¹) que les avants ($+35,2 \pm 6,6$ % ; $p < 0,01$), alors que les avants parcourent plus de distance que les arrières ($+26,8 \pm 5,7$ % ; $p < 0,05$) à intensité modérée (10-14,4 km.h⁻¹).

2.4.2. Demandes des niveaux jeunes

Deutsch et *al.* (1998), ont étudié l'activité en match de joueurs U19 anglais d'élite au travers de l'analyse vidéo. Grâce à un programme informatique, ils ont pu séquencer les différents types d'activités effectués par les joueurs (stationnaire, marche, jogging, course, sprint et utilité). D'après leurs recherches, les avants parcourent une distance totale inférieure aux arrières (4240 m vs. 5640 m) au cours d'un match de 70 minutes. La plus grande différence de distance totale parcourue se retrouve entre le sous-groupe comprenant les ailiers et l'arrière et le sous-groupe comprenant les 3^{èmes} lignes (respectivement 5750 m vs. 4080 m). Cela serait la conséquence du fait que les 3^{èmes} lignes passent plus de temps sur des phases statiques et parcourent moins de distance en marchant. D'autre part, les arrières couvrent plus de distance en marchant (1760 m) que les avants (995 m). Les avants effectuent moins de distance à allure de course et de sprint que les arrières (respectivement 366 m vs. 558 m et 81 m vs. 251 m). Aucune différence significative n'a été relevée entre les groupes concernant la distance moyenne parcourue au cours d'un sprint, qui est comprise entre 19,8 et 23,6 m.

Venter et *al.* (2011) ont étudié les demandes physiologiques en match de joueurs U19 semi-professionnels d'Afrique du Sud, sur les 30 premières minutes de la première et seconde mi-temps. Ils ont montré que les joueurs parcourraient en moyenne $4469,95 \pm 292,25$ m au cours d'un match. Le groupe composé des piliers et des 2^{èmes} lignes couvre la plus grande distance (4672 ± 215 m), suivi par le groupe comprenant les ailiers et l'arrière avec une distance de $4597,93 \pm 210,18$ m, puis du groupe regroupant le demi d'ouverture et les centres avec $4307,78 \pm 214$ m et enfin le groupe composé du talonneur et des 3^{èmes} lignes avec $4302,10 \pm 529,82$ m. Venter et *al.* (2011), ont montré que le groupe des ailiers et de l'arrière passait significativement plus de temps à marcher (vitesse <20% de la vitesse maximale) que le groupe des piliers et des 2^{èmes} lignes (36 min 12 s vs. 25 min 15 s). Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Deutsch et *al.* (1998), qui avaient également démontré que les arrières marchaient plus que les avants. Les vitesses maximales atteintes par les différents groupes sont en moyenne de $33,1 \pm 0,79$ km.h⁻¹ pour le groupe des ailiers et de l'arrière, de $27,97 \pm 1,42$ km.h⁻¹ pour le groupe des centres et du demi d'ouverture, de $26,01 \pm 2,32$ km.h⁻¹ pour les 3^{èmes} lignes et le talonneur et enfin de $23,01 \pm 2,03$ km.h⁻¹ pour les piliers et 2^{èmes} lignes.

Ziv et Lidor (2015) déterminent dans leur revue que la distance moyenne parcourue par les joueurs de rugby à XV au cours d'un match est comprise entre 4000 et 7900 mètres. D'après leurs recherches, les joueurs adolescents et les U19 parcourent généralement moins de distance que les adultes. Cette différence pourrait s'expliquer en partie par le fait que les matchs des U19 sont plus courts que ceux des adultes. Read et *al.* (2017), ont comparé l'activité en match de joueurs U16, U18 et universitaires (Tableau 3). Ils ont utilisé la classification d'Hartwing et *al.* (2011) pour définir les seuils d'intensité.

	U16	U18	Univ	U16	U18	Univ
	Avants			Arrières		
N	16	18	17	15	16	14
Age (années)	15,8 ± 0,3	17,7 ± 0,5	21,3 ± 1,6	15,9 ± 0,3	17,5 ± 0,6	21,1 ± 2,1
Taille (cm)	180,4 ± 7,1	182,3 ± 6,6	189,5 ± 6,7	178,0 ± 5,2	179,6 ± 5,6	184,5 ± 4,7
Masse (kg)	72,0 ± 10,2	88,9 ± 10,8	109,8 ± 8,5	72,0 ± 9,1	78,8 ± 10,1	88,2 ± 7,8
DT (m)	4364 ± 654	4232 ± 985	4683 ± 1377	3884 ± 700	4489 ± 1299	5889 ± 719
Ryth (m.min⁻¹)	69,7 ± 9,2	64,2 ± 5,4	66,6 ± 5,0	66,4 ± 9,4	68,3 ± 5,7	71,1 ± 5,5
V_{max} (km.h⁻¹)	24,48 ± 2,52	24,84 ± 3,24	24,12 ± 2,88	27,0 ± 3,24	28,44 ± 2,52	29,16 ± 0,4
Marche (m)	2007 ± 218	2099 ± 546	2235 ± 699	2011 ± 304	2307 ± 647	2820 ± 503
Jogging (m)	1278 ± 291	1044 ± 318	1271 ± 400	865 ± 325	854 ± 264	1256 ± 219
Course (m)	993 ± 295	995 ± 370	1112 ± 442	843 ± 342	1009 ± 444	1460 ± 357
Sprint (m)	87 ± 86	94 ± 93	64 ± 65	165 ± 101	319 ± 176	353 ± 147

Tableau 3 : Données descriptives de joueurs anglais U16, U18 et universitaires en rugby à XV (Read et al., 2017)

Données présentées en moyenne ± l'écart type.

Univ, universitaire ; DT, distance totale ; Ryth, rythme ; Vmax, Vitesse maximale ; Marche (0-7 km.h⁻¹), Jogging (7-12 km.h⁻¹), Course (12-21 km.h⁻¹), Sprint (>21 km.h⁻¹).

Read et al. (2017) démontrent qu'en Angleterre, les avants évoluant en U16 parcourent probablement plus de distance totale et de distance de course que les arrières. Concernant les U18, aucune différence claire n'apparaît entre les groupes de poste, alors que chez les joueurs universitaires, la tendance semble s'inverser. Pour toutes les catégories, la distance de sprint est plus importante pour les arrières que pour les avants. Les U16 et les universitaires ont un rythme probablement plus soutenu que les U18.

Les auteurs concluent que les demandes physiques des avants sont similaires au travers des catégories d'âge, alors que pour les arrières, elles augmentent avec l'avancée en âge.

3. Problématique

Le rugby est un sport de combat collectif qui nécessite de développer de nombreuses qualités physiques telles que la puissance, la force, la vitesse et l'endurance, afin de répondre aux demandes de la compétition, mais également d'optimiser la capacité fonctionnelle des rugbymen (Duthie, 2006).

Pour préparer d'une manière optimale les joueurs à leurs compétitions, il est nécessaire de connaître les exigences d'un match. Cependant, la charge externe d'un match de compétition de rugby à XV chez des U18 évoluant au niveau national en France n'a, à ma connaissance, pas encore été étudiée. En effet, la majorité des études sur la quantification de l'activité s'est déroulée sur les séniors et/ou sur des populations étrangères. De ce fait, les entraîneurs des U18 ne connaissent pas d'une manière précise les exigences physiques de leur niveau de compétition.

4. Objectif

L'objectif de ce mémoire est de quantifier l'activité en match des joueurs avants et arrières d'une équipe de U18 de rugby à XV évoluant au niveau national. Ces travaux permettront de fournir aux entraîneurs des données objectives sur les exigences physiques et physiologiques de la compétition. L'activité physique des joueurs sera monitorée au cours des matchs de la saison 2021-2022 à l'aide de CAC.

5. Hypothèse

L'hypothèse formulée est que les indicateurs de la charge externe des joueurs varient en fonction de leur poste. En fonction de leur catégorie (avants ou arrières), les joueurs ne seraient pas soumis aux mêmes exigences en match, ce qui nécessiterait de les préparer d'une manière spécifique en rapport avec leur poste.

6. Milieu professionnel

6.1. Organisation, acteurs et enjeux

J'ai effectué mon apprentissage au sein de la ligue régionale des Hauts-de-France de rugby. Cet organisme est une structure dépendante de la Fédération Française de Rugby (FFR). Elle a pour mission de favoriser le développement du rugby, d'accompagner les clubs dans leur fonctionnement quotidien et d'organiser les rencontres au niveau régional.

Afin de développer l'accompagnement à la pratique du rugby, j'ai été affecté au sein de l'Académie Pôle Espoirs et du centre d'entraînement de la ligue, basés au lycée Beaupré, à Haubourdin (59320). Ces structures permettent à des jeunes joueurs à potentiel de s'entraîner quotidiennement et d'avoir un emploi du temps aménagé. L'objectif est de permettre aux sportifs de pouvoir concilier leur projet sportif et scolaire. Un internat est mis à leur disposition dans l'enceinte du lycée et permet aux joueurs d'être au plus proche de leur lieu d'entraînement et d'éducation. Le centre de Beaupré accueille donc des joueurs et des joueuses, respectivement, en U16/U18 et en cadette. Afin de pouvoir détecter et accompagner les jeunes potentiels, la ligue a mis en place le centre de suivi (CS) pour les joueurs âgés de moins de 15 ans, qui permet de suivre les jeunes prometteurs de la région avant de pouvoir les accueillir dans la structure.

L'Académie Pôle Espoirs de Beaupré dispose d'un staff sportif comprenant un manager et entraîneur féminin (Olivier Piat), un entraîneur et responsable de la filière masculine (Sébastien Zamia), un second entraîneur masculin (Geoffrey Cazanave) et un préparateur physique effectuant sa thèse de doctorat sur la thématique du rugby féminin (Sébastien Imbert). Un staff médical comprenant un médecin du sport et des kinésithérapeutes assure le suivi médical des sportifs.

L'objectif de l'Académie est de former les joueurs à potentiel pour les accompagner dans leur projet sportif en les développant physiquement, techniquement et mentalement afin de pouvoir préparer les meilleurs à accéder au niveau international.

6.2. Missions

J'interviens principalement au sein de l'Académie Pôle Espoirs et du centre d'entraînement de la ligue féminin. Cette saison, j'ai eu pour missions de terrain de planifier, concevoir et encadrer les séances de préparation physique, musculation et réathlétisation, avec l'appui de Sébastien Imbert, le préparateur physique en fonction. J'ai également été missionné sur la préparation physique du groupe des M14 de la ligue, ainsi que sur leur accompagnement lors des tournois. Enfin, d'un point de vue technique, j'ai assuré, avec le soutien de Sébastien, le suivi et le traitement des données GPS des filles et des matchs des garçons.

7. Matériel et méthode

7.1. Population

Les sujets participant à l'étude font partie de l'équipe masculine U18 de la ligue régionale des Hauts-de-France de rugby. Ils évoluent au niveau national. Trente et un joueurs de rugby (âge moyen : $16,8 \pm 0,7$ ans ; masse moyenne : $81,4 \pm 17,6$ kg ; taille moyenne : $179,4 \pm 7$ cm) ont été monitorés au cours de leurs matchs de poule de championnat.

7.2. Protocole expérimental

L'objectif du protocole était de monitorer un maximum de matchs de poule ($n=14$) à l'aide des CAC. Les CAC ont été attribuées aux joueurs afin de pouvoir déterminer l'activité en match des avants et des arrières, mais également pour quantifier les efforts fournis par chaque poste d'intérêt. Ceux-ci ont été déterminés par l'entraîneur : pilier, talonneur, 2^{ème} ligne, 3^{ème} ligne, 1/2 de mêlée, 1/2 d'ouverture, 3/4 centre, 3/4 aile et l'arrière. Les CAC ont été données aux joueurs jouant aux postes d'intérêts ainsi qu'à leur remplaçant.

D'une manière générale et dans la mesure du possible, les 16 CAC disponibles ont été réparties entre les avants et les arrières. Pour respecter le principe de reproductibilité, la même CAC a été affectée au même joueur lorsque cela était possible. Parmi les CAC utilisées, 11 comprenaient un GPS avec une fréquence d'échantillonnage de 15 Hz et 5 avec une fréquence d'échantillonnage de 5 Hz. Nous avons comparé des GPS aux deux fréquences lors de courses à l'entraînement et aucune différence entre les distances parcourues et les vitesses maximales enregistrées n'a été observée ($p < 0,05$). Nous avons donc associé les données des deux types de GPS pour ce travail. L'obtention des données correspondant à un match entier s'est effectuée de la manière suivante : match joué en entier par le joueur, addition de la 1^{ère} et 2^{ème} mi-temps jouée en entier par le titulaire et son remplaçant (changement à la mi-temps), match entier obtenu au prorata par un joueur ayant effectué au moins 50 minutes consécutives de jeu (indépendamment de la mi-temps). Les données des joueurs n'ayant pas effectué au moins une mi-temps complète n'ont pas été incluses dans le traitement statistique.

7.3. Mesures avec la CAC

Pour mener cette étude, nous avons utilisé 16 CAC de la marque *GPSports* ainsi que des brassières permettant d'équiper les sujets avec le matériel lors des matchs. Le logiciel *Team AMS* fourni avec les CAC nous a permis d'exploiter les données enregistrées.

Les CAC (*GPSports Systems*, Canberra, Australie, version 1.5, 2006), ont été fournies par l'URePSSS (Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé, Société). Elles sont équipées d'un accéléromètre triaxial d'une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz. Les CAC permettent d'enregistrer de nombreux paramètres d'intérêts, tels que : l'historique des positions des joueurs, les distances parcourues, les vitesses atteintes, les accélérations, les impacts, le *Body Load*. Au cours du protocole, chaque joueur a été équipé d'une CAC, placée entre les 2 scapulas grâce à une brassière. Afin de faciliter l'acquisition du signal GPS, les CAC ont été allumées avant la période d'échauffement de chaque match.

Une mallette permet de stocker et de recharger les CAC. Grâce à une connexion filaire entre cette mallette et un ordinateur, le logiciel *Team AMS* (*GPSports Systems*, R1 2019.2), permet d'accéder aux données collectées par les CAC. Le logiciel permet d'enregistrer, de stocker les différents matchs et de créer un profil aux joueurs. Grâce à ses multiples fonctionnalités, il est possible de créer des filtres spécifiques facilitant le traitement des données. C'est par exemple le cas lorsque l'on souhaite étudier les vitesses ou distances parcourues en fonction de zones d'intensités spécifiques. Dans le cadre de ce protocole de quantification de la charge externe de l'activité en match, nous avons retenu différentes variables d'intérêts : la distance totale parcourue (m), le rythme ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$), le pourcentage de distance marchée ($< 7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, %), la vitesse maximale atteinte ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), le nombre d'accélérations ($> 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), la distance totale marchée ($0-7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, m), la distance totale joggée ($7-12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, m), la distance totale courue ($12-21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, m) et enfin la distance totale sprintée ($> 21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, m).

Ces seuils ont été précédemment utilisés par des auteurs étudiant cette catégorie d'âge (Hartwing et *al.*, 2011 ; Phibbs et *al.*, 2017 ; Read et *al.*, 2017). Le seuil d'étude des accélérations a été fixé en accord avec les recherches de Cunniffe et *al.* (2009) et Dubois et *al.* (2017b).

8. Analyse statistique

Les données quantitatives sont exprimées en moyenne \pm l'écart type. La normalité de la distribution des données obtenues lors des différents tests a été vérifiée grâce au test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances a été contrôlée par le test de Levene. En fonction des résultats obtenus, le test paramétrique T de Student pour valeurs non appariées ou le test non-paramétrique de Mann et Whitney a été effectué afin de comparer les différents indicateurs obtenus entre le groupe des avants et le groupe des arrières. Le traitement statistique a été réalisé sur *Excel 2019* et sur le logiciel *Prism 8.4.1* (*GraphPad Software*, San Diego, CA, USA). Enfin, le d de Cohen (Cohen, 1998) a été utilisé pour étudier la taille de l'effet (effect size, ES) : une valeur $<0,2$ est considérée comme un effet faible, $>0,5$ comme un effet moyen, $>0,8$ comme un effet élevé, $>1,2$ comme un effet très élevé et >2 comme un effet immense. Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0.05$.

9. Résultats

9.1. Nombre de séquences obtenues

Sur les 14 matchs de poule, 11 matchs ont pu être monitorés. Quarante-deux séquences représentant un match entier ont été obtenues pour le groupe des avants et trente-neuf séquences pour le groupe des arrières.

9.2. Activité des joueurs en match

La distance (m) parcourue au cours d'un match de rugby est plus importante pour les arrières que pour les avants (5480 ± 565 m vs. 5022 ± 432 m ; ES : 0,9 ; Figure 3, A). Le rythme des avants au cours d'un match est plus faible que celui des arrières (67 ± 6 m.min⁻¹ vs. 72 ± 7 m.min⁻¹ ; ES : 0,9 ; Figure 3, B). Le nombre d'accélérations supérieures à 2,5 m.s⁻² est plus élevé chez les arrières que chez les avants (26 ± 9 vs. 18 ± 9 ; ES : 1, Figure 3, C). Enfin, la vitesse maximale (km.h⁻¹) atteinte en match est plus importante pour le groupe des arrières que pour le groupe des avants ($29,2 \pm 2,3$ km.h⁻¹ vs. $26,3 \pm 2,9$ km.h⁻¹ ; ES : 1,1 ; Figure 3, D). Il n'y a pas de différence significative entre le pourcentage de distance marchée entre le groupe des avants et le groupe des arrières ($45 \pm 6\%$ vs. $47 \pm 6\%$; ES : 0,6).

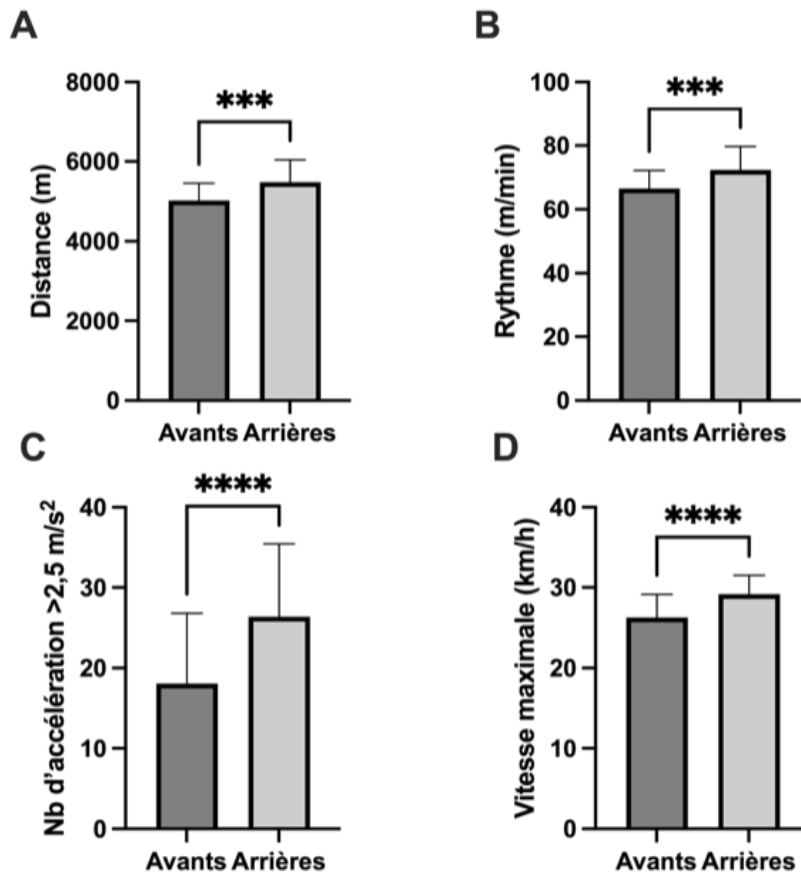


Figure 3 : Comparaison des données des joueurs en fonction de leur groupe. *** : $p < 0,001$; **** : $p < 0,0001$

9.3. Distances parcourues par seuils d'intensité

La distance totale marchée ($0-7 \text{ km.h}^{-1}$) au cours d'un match est moins importante pour le groupe des avants que pour le groupe des arrières ($2224 \pm 231 \text{ m}$ vs. $2550 \pm 286 \text{ m}$; ES : 1,1, Figure 4, A). La distance totale joggée ($7-12 \text{ km.h}^{-1}$) est plus importante pour le groupe des avants que pour le groupe des arrières ($1355 \pm 214 \text{ m}$ vs. $1142 \pm 204 \text{ m}$; ES : 1 ; Figure 4, B). Les avants parcourent au cours d'un match moins de distance totale courue ($12-21 \text{ km.h}^{-1}$) que les arrières ($1303 \pm 356 \text{ m}$ vs. $1514 \pm 370 \text{ m}$; ES : 0,8 ; Figure 4, C). Enfin, le groupe des arrières parcourt plus de distance totale sprintée ($>21 \text{ km.h}^{-1}$) que le groupe des avants ($280 \pm 114 \text{ m}$ vs. $140 \pm 119 \text{ m}$; ES : 0,8 ; Figure 4, D).

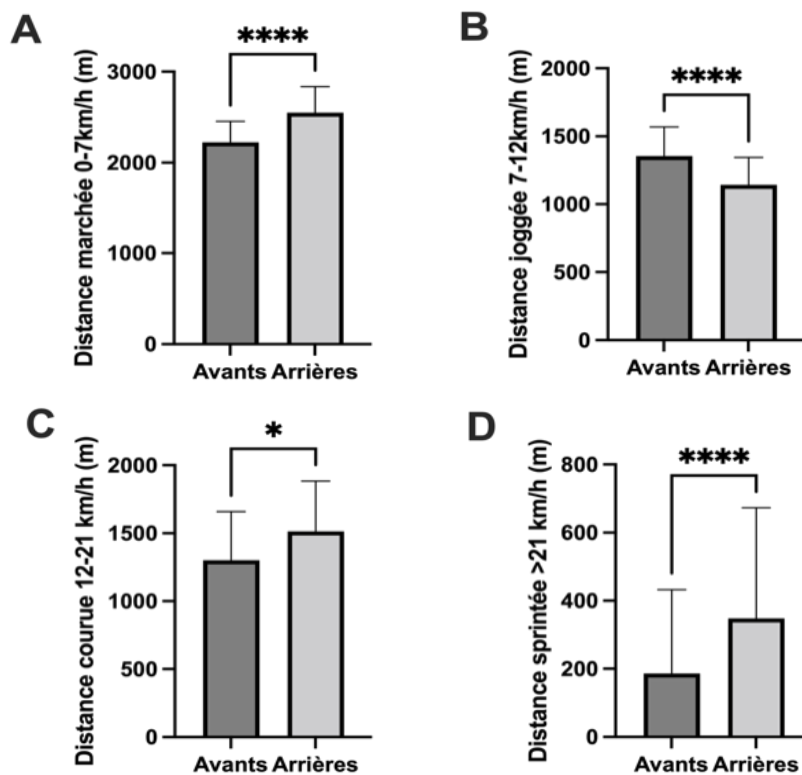


Figure 4 : Comparaison des distances parcourues en fonction des groupes de joueur. * : $p < 0,05$;
**** : $p < 0,0001$

9.4. Récapitulatif des résultats

Le tableau 4 synthétise les résultats de ce travail. Chaque indicateur est présenté en fonction du groupe étudié (avants ou arrières), de son intervalle de confiance (IC, fixé à 95%) et de la taille de l'effet (ES).

	Avants : IC 95%	Arrières : IC 95%	ES
Distance totale (m)	4888 – 5157	5297 – 5663	0,9
Rythme (m.min⁻¹)	64,8 – 68,3	70,0 – 74,8	0,9
% Distance marchée (< 7km.h⁻¹)	42,9 – 46,4	43,1 – 48,9	0,6
Nombre d'accélération (>2.5 m.s⁻²)	15,4 – 20,8	23,5 – 29,3	1
Vitesse maximale (km.h⁻¹)	25,4 – 27,2	28,4 – 29,9	1,1
Distance totale (m) marchée (0-7 km.h⁻¹)	2152 – 2296	2457 – 2643	1,1
Distance totale (m) joggée (7-12 km.h⁻¹)	1288 – 1422	1076 – 1209	1
Distance totale (m) courue (12-21 km.h⁻¹)	1192 – 1414	1394 – 1635	0,8
Distance totale (m) sprintée (>21 km.h⁻¹)	111,4 – 261,1	245,8 – 450,9	0,8

Tableau 4 : Synthèse des résultats selon l'intervalle de confiance (IC) et la taille de l'effet (ES)

10. Discussion

L'objectif de ce mémoire était de quantifier la charge externe d'un match de rugby à XV de U18 de niveau national. Pour ce faire, des CAC équipées de GPS et de centrales inertielles ont été attribuées aux joueurs d'une équipe, répartis en 2 groupes, celui des avants et celui des arrières. Les résultats montrent que les activités liées aux déplacements (distance totale, rythme, vitesse maximale et nombre d'accélération) sont moins élevées pour le groupe des avants que pour le groupe des arrières. Concernant la nature des déplacements, les arrières parcourent plus de distance en marchant, en courant et en sprintant. Cependant, il n'y a pas de différence entre le pourcentage de distance marchée entre les deux groupes. En outre, les avants effectuent plus de distance en joggant que les arrières.

En comparaison avec les données de la littérature (Deutsch et *al.*, 1998 ; Venter et *al.*, 2011 ; Read et *al.*, 2017), les avants U18 français de niveau national semblent parcourir une plus grande distance totale au cours d'un match. La même tendance apparaît pour les arrières mais d'une manière moins évidente. Ils parcourent en moyenne plus de distance que ceux de l'étude de Read et *al.* (2017) et Venter et *al.* (2011), mais des distances équivalentes à celles de Deutsch et *al.* (1998). Les différences observées pourraient s'expliquer par des variations de temps de jeu et du niveau des catégories étudiées.

Concernant le type de déplacement effectué par les joueurs (marche, course et sprint), nous retrouvons les mêmes tendances que celles de Deutsch et *al.* (1998). Celles-ci diffèrent des résultats de l'étude de Read et *al.* (2017), qui n'ont pas trouvé de différence claire entre l'activité des avants et des arrières en U18.

En accord avec les résultats des recherches effectuées chez les séniors (Jones et *al.*, 2014 ; Bridgeman et Gill, 2021), nous observons une différence de demandes physiques liées à la course en fonction du groupe d'appartenance (avants et arrières). Les arrières U18 parcourent comme les arrières séniors, plus de distance totale, relative et à haute intensité que leurs homologues du groupe des avants (Bridgeman et Gill, 2021). De la même manière que les séniors, les avants parcourent plus de distances à intensité modérée que les arrières (10-14,4 km.h⁻¹, Dubois et *al.*, 2017b), comme nous l'avons montré avec le seuil que nous avons appelé la distance joggée (7 à 12 km.h⁻¹).

Ziv et Lidor (2015) indiquent que dans beaucoup d'études, les joueurs sont regroupés entre avants et arrières. Cependant, il a été démontré que les demandes physiologiques en match pouvaient varier entre les différentes catégories de joueurs présentes au sein d'un groupe. Par exemple, on peut distinguer au sein des arrières le sous-groupe des ailiers et de l'arrière ainsi que le sous-groupe des centres et du demi d'ouverture, et dans le groupe des avants, les 1^{ères}, 2^{èmes} et 3^{èmes} lignes. Ces différences liées au poste doivent être considérées à l'entraînement. Il faudrait donc étendre le traitement des données à un niveau plus fin d'analyse et non se limiter au regroupement des joueurs en deux catégories.

Si nous avions disposé d'assez de CAC au cours de notre protocole, nous aurions pu monitorer à chaque match tous les joueurs de notre équipe. Cela nous aurait permis d'effectuer un traitement des données avec une répartition des joueurs en groupes plus spécifiques aux exigences de leur poste.

Utiliser des valeurs moyennes peut engendrer une sous-estimation des exigences de l'activité de match. En effet, une valeur moyenne ne représente pas l'activité spécifique des périodes où la demande physique est au plus haut niveau, et dont la valeur peut être plus importante que celle de la moyenne. Ziv et Lidor (2015), suggèrent que les entraîneurs doivent créer leurs exercices en fonction des efforts les plus intenses du match. Ils concluent leur revue par plusieurs recommandations. Tout d'abord, l'entraînement devrait être calibré sur l'accumulation des données issues de la performance de terrain et doit être élaboré à partir des besoins spécifiques des joueurs en fonction de leur position. Les avants devraient travailler les sprints répétés et les plaquages, alors que les ailiers et l'arrière devraient améliorer leurs courses prolongées et à haute intensité. Ensuite, les entraînements ne devraient pas être uniquement basés sur les mesures des différentes positions, mais également sur les intensités des mouvements qui se produisent en match. Il faudrait également adapter les entraînements aux différentes phases du calendrier des compétitions (match de poule, play off). Enfin, pour analyser la performance, Ziv et Lidor (2015) déclarent qu'il est nécessaire de mesurer les distances et durées maximales des différents indicateurs de haute intensité, et non seulement leurs valeurs moyennes. En effet, cela sous-estime certainement les intensités qui doivent être requises lors des entraînements. Dans tous les cas, celles-ci doivent être ajustées en fonction du monitoring des données de compétition et d'entraînement.

Les mesures des données physiologiques peuvent être influencées par des facteurs qui viennent s'ajouter à la variation des exigences liées au poste (Bridgeman et Gill, 2021). C'est par exemple le cas du niveau de technique, de la compétition et du plan de jeu. A cela, s'ajoute des facteurs environnementaux, tels que la météo. Reardon et *al.* (2015) montrent qu'utiliser des seuils absolus pour étudier la haute vitesse de course entraîne une sous-estimation significative de la distance parcourue et des efforts à haute vitesse effectués par les avants. Contrairement à cela, les seuils absolus engendreraient une surestimation significative des mesures de la course à haute intensité des arrières. Il est donc nécessaire de rester vigilant lorsque l'on interprète les données des outils de mesure. D'une part, ceux-ci présentent tous une certaine marge d'erreur liée à la mesure. D'autre part, la manière d'exploiter les données va conditionner l'interprétation que l'on va en faire. Si nous avions pu utiliser des seuils relatifs dans notre protocole, il est possible que les différences observées entre les avants et les arrières ne soient plus exactement du même ordre.

Colomer et *al.* (2020), indiquent dans leur revue de littérature qu'il est important de préciser le contexte dans lequel les indicateurs de performance sont étudiés. En effet, l'analyse de la performance repose souvent sur l'analyse de données isolées de leur environnement.

Or, dans un match de rugby, la météo, la tactique employée, le score, les caractéristiques de l'opposition, le type de terrain, la localisation de la rencontre..., sont autant de facteurs qui peuvent influencer la performance. En effet, le rugby est un système dynamique et un sport complexe dans lequel les comportements de jeu vont émerger de l'auto-organisation et de l'interaction entre les joueurs opérants dans la tâche, qui sont de surcroît soumis à des contraintes physiques et environnementales. Tenir compte de tous ces paramètres est donc nécessaire pour pouvoir analyser la performance et également mieux comprendre les comportements des joueurs. Il est donc possible que les demandes physiologiques des matchs d'une même catégorie ne soient pas exactement les mêmes et seraient fonction de leur type, de l'évolution du score, des tactiques mises en place...

Colomer et *al.* (2020), déclarent que les indicateurs de réussite en rugby à XV sont de différentes natures, comme par exemple le jeu au pied en possession, les touches adverses gagnées, les essais marqués, les transformations réussies, les plaquages effectués et les contre-attaques gagnées. De ce fait, les outils de mesure de la charge de travail, tels que les CAC, doivent être considérés comme des aides au suivi et à l'analyse de la performance, et non pas comme des critères de performances en soi. Ces outils servent de support à la prise de décision. Il faut également prêter attention à la fiabilité et à la validité des appareils de mesure utilisés et être en capacité de pouvoir interpréter les données récoltées.

11. Conclusion

Connaître et comprendre les demandes physiologiques des postes auxquels évoluent les joueurs permet aux entraîneurs, préparateurs physiques et scientifiques de déterminer si les joueurs sont adéquatement préparés à faire face aux exigences de la compétition. Comme l'indiquent Bridgeman et Gill (2021), individualiser l'entraînement et le monitorer permet aux joueurs d'être correctement managés, de performer optimalement durant leurs compétitions, de rester en bonne santé ainsi que d'éviter des blessures. Ce présent travail a permis de déterminer qu'il existait des différences entre les demandes physiologiques des avants et des arrières en U18. Les résultats de cette étude pourront donc être utilisés par les staffs sportifs pour construire leurs entraînements en tenant compte de données précises de la charge externe impliquant la participation à un match de rugby à XV en U18 de niveau national. Les différences mises en évidence entre les avants et les arrières pourront être exploitées pour calibrer avec plus de précision l'intensité et le volume des séquences d'entraînement afin d'optimiser le travail effectué, comme par exemple le travail énergétique, le travail à haute intensité et le travail de la vitesse.

Prochainement, il serait intéressant d'étudier les demandes physiologiques des joueurs avec une approche plus précise qu'un regroupement de joueurs en deux catégories (avants et arrières). Monitorer les séquences d'entraînement permettrait également de s'assurer que les objectifs et les sollicitations visés soient effectivement atteints.

12. Bibliographie

1. Beard, A., Millet G.P., Chambers, R. et Brocherie, F. (2019). Comparison of game movement positional profiles between professional club and senior international rugby union players. *Int J Sports Med*, **40**, 385-389.
2. Borrensen, J. et Lambert, M.I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sport Medicine*, **39**, 779-795.
3. Bouchard, C., An, P., Rice, T., Skinner, J.S., Wilmore, J.H., Gagnon, J., Pérusse, L., Leon, A.S. et Rao, D.C. (1999). Familial aggregation of $\text{VO}_{2\text{max}}$ response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *Journal of applied physiology*, **87**, 1003-1008.
4. Bourdon, P.C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M.C., Gabbett, T.J., Coutts, A.J., Burgess, D.J., Gregson, W. et Cable, N.T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **12**, 161-170.
5. Bouthier, D. (2007). *Le rugby*. France : Presses Universitaires de France
6. Boyd, L.J., Ball, K. et Aughey, R.J. (2011). The reliability of MinimaxX accelerometers for measuring physical activity in Australian football. *Int J Sports Physiol Perform*, **6**, 311-21.
7. Bridgeman, L. et Gill, N. (2021). The use of global positioning and accelerometer systems in age-grade and senior rugby union: A systematic review. *Sports Medicine – Open*, **7**, 15, 1-34.
8. Cohen, J. (1998). *Statistical power analysis for the behavior sciences*. New York. Lawrence Erlbaum associates, publishers.
9. Colomer, C.M.E., Pyne, D.B., Mooney, M., McKune, A. et Serpell, B.G. (2020). Performance analysis in rugby union: a critical systematic review. *Sports Me Open*, **6**:4, 1-15.
10. Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H. et West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Med*, **43**, 1025-1042.
11. Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J.S. et Davies, B. (2009). An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using global positioning system tracking software. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **23**, 1195-1203.
12. Dalen, T., Jorgen, I., Gertjan, E., Harvard, H.G. et Ulrik, W. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competition matches of elite soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **30**, 351-359.
13. Deutsch, M.U., Maw, G.J., Jenkins, D. et Readburn, P. (1998). Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *Journal of Sports Sciences*, **16**, 561-570.
14. Dubois, R. (2017a). *Effets de la charge de travail sur la performance et les caractéristiques physiologiques de rugbymen professionnels. Etude longitudinale*. Thèse de doctorat non publiée, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Tarbes.

15. Dubois, R., Paillard, T., Lyons, M., McGrath, D., Maurelli, O. et Prioux, J. (2017b). Running and metabolic demands of elite rugby union assessed using traditional, metabolic power and heart rate monitoring methods. *Journal of Sports Science and Medicine*, **16**, 84-92.
16. Duthie, G.M., Pyne, D. et Hooper, S. (2003). Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Med.* **33**, 973-991.
17. Duthie, G.M. (2006). A framework for the physical development of elite rugby union players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **1**, 2-13.
18. Fornasier-Santos, C. (2018). *Entraînement, préparation physique et physiologie cardiovasculaire appliqués au rugby à XV*. Thèse de doctorat non publiée, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon.
19. Gabbett, T.J., Jenkins, D.G. et Abernethy, B. (2011a). Correlates of tackling ability in high-performance rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **25**, 72–79.
20. Gabbett, T.J., Jenkins, D.G. et Abernethy, B. (2011b). Relationships between physiological, anthropometric, and skill qualities and playing performance in professional rugby league players. *Journal of Sports Sciences*, **29**, 1655–1664.
21. Gabbett, T.J., Jenkins, D.G. et Abernethy, B. (2011c). Relative importance of physiological, anthropometric, and skill qualities to team selection in professional rugby league. *Journal of Sports Sciences*, **29**, 1453–1461.
22. Hartwing, T.B., Naughton, G. et Searl, J. (2011). Motion analysis of adolescent rugby union players: a comparison of training and game demands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **25**, 966-972.
23. Heck, A.L., Barroso, C.S., Callie, M.E. et Bray, M.S. (2004). Gene-nutrition interaction in human performance and exercise response. *Nutrition*, **20**, 598-602.
24. Jones, M.R., West, D.J., Harrington, B.J., Cook, C.J., Bracken, R.M., Shearer, D.A. et Kilduff, L.P. (2014). Match play performance characteristics that predict post-match creatine kinase responses in professional rugby union players. *BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation*, **6**:38
25. Lacome, M. (2013). *Analyse de la tâche et physiologie appliquée au rugby : étude de la fatigue associée à l'exercice maximal isométrique répété*. Thèse de doctorat non publiée, Université Claude Bernard, Lyon 1.
26. Larsson, P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Med*, **33**, 1093-1101.
27. McLellan, P., Lovell, D.I. et Gass, G.C. (2011). Performance analysis of elite rugby league match play using global positioning systems. *J Strength Cond Res*, **25**, 1703-10.

28. Marrier, B. (2018). *Gestion stratégique de la charge d'entraînement en rugby à 7 pour l'optimisation de la performance physique en compétition*. Thèse de doctorat non publiée. Université Côte d'Azur, Nice.
29. Phibbs, P.J., Jones, B., Roe, G.A.B., Read, D.B., Darrall-Jones, J., Weakley, J.S.J. et Till, K. (2017). We know they train, but what do they do? Implications for coaches working with adolescent rugby union players. *International Journal of Sport Science and Coaching*, **12**, 175-182.
30. Platonov, V.N. (1988). *L'entraînement sportif : théorie et méthodologie*. Paris : Editions « Revue E.P.S. ».
31. Read, D., Weaving, D., Phibbs, P., Darral-Jones, J., Roe, G., Weakley, J., Hendricks, S., Till, K. et Jones, B. (2017). Movement and physical demands of school and university rugby union match-play in England. *BMJ Open Sport Exerc Med*, **2**: e000147.
32. Reardon, C., Tobin, D.P. et Delahunt, E. (2015). Application of individualized speed thresholds to interpret position specific running demands in elite professional rugby union: a GPS study. *PLoS One*; **10**: e0133410.
33. Reardon, C., Tobin, D.P., Tierney, P. et Delahunt, E. (2017). Collision count in rugby union: a comparison of micro-technology and video analysis methods. *J Sports Sci*, **35**, 2028-2034.
34. Sedeaud, A., Vidalin, H., Tafflet, M., Marc, A. et Toussaint, J-F. (2013). Rugby morphologies: « bigger and taller » reflects an early directional selection. *J Sports Med Phys Fitness*, **53**, 185-91.
35. Scott, M.T.U., Scott, T.J et Kelly, V.G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review. *J Strength Cond Res*, **30**, 1470-1490.
36. Venter, R., Opperman, E. et Opperman, S. (2011). The use of global positioning system (GPS) tracking devices to assess movement demands and impacts in under-19 rugby union match play. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, **17**, 1-8.
37. Williams, J., Hughes, M., et O'Donoghue, P. (2005). The effect of rule changes on match and ball in play time in rugby union. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, **5**, 1-11.
38. Ziv, G. et Lidor, R. (2015). On-field performance of rugby union players- A review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, **30**, 881-892.

13. Annexe

Annexe 1 : Fiche de suivi de match

Date du match	Début de la 1 ^{er} mi-temps	Fin de la 1 ^{er} mi-temps	Début de la 2 nd mi-temps	Fin de la 2 nd mi-temps
Equipe adverse (+ à domicile ou à l'extérieur)	Type de terrain : herbe ou synthé	Météo : soleil, pluie, vent, neige, neutre	Ambiance : chaude, froide, neutre (température)	Score final (+ victoire ou défaite)
Points pour 0 à 17 min	Points pour 18 à 35 min	Points pour 35 à 52 min	Points pour 53 à 70 minutes	
Points pour 0 à 17 min	Points pour 18 à 35 min	Points pour 35 à 52 min	Points pour 53 à 70 minutes	

Numéro du GPS	Nom du joueur	Poste	Horaire d'entrée	Horaire de sortie	Motif de sortie (fatigue, blessure, stratégique)

Annexe 2 : Exemple de compte rendu de match

Nom Prénom	Poste	Durée (min)	Distance totale (m)	Rythme (m/min)	% Marche (< 7km/h)	Accel (n) (> 2,5 m/s)	Decel (n) (> 2,5 m/s)	Vmax (km/h)
Joueur 1	9	77	5891	77	43	19	36	30,1
Joueur 2	10	56	4085	73	46	23	25	30,8
Joueur 3	11	55	4029	73	45	40	1	29
Joueur 4	12	77	5580	72	39	60	8	28,1
Joueur 5	13	77	6318	82	42	64	14	28,9
Joueur 6	14	72	4442	62	51	45	7	30,5
Joueur 7	15	77	6013	78	44	17	36	29,6
Joueur 8	9	21	1836	87	35	3	16	26,7
Joueur 9	11	22	1486	68	76	7	10	30,8
Joueur 10	1	52	3408	66	21	2	6	19,9
Joueur 11	2	66	4006	61	47	16	21	26,9
Joueur 12	3	56	3030	54	52	3	3	20
Joueur 13	3	21	1207	57	57	3	6	20,8
Joueur 14	1	25	1813	73	37	5	3	23,3
Joueur 15	2	11	1001	91	28	0	5	22,9
Joueur 16	5	47	3161	67	45	4	12	25,4

	Durée (min)	Distance totale (m)	Rythme (m/min)	% Marche (< 7km/h)	Accel (n) (> 2,5 m/s)	Decel (n) (> 2,5 m/s)	Vmax (km/h)
Médiane	56	3707	72	45	12	9	27,5
Minimum	11	1001	54	21	0	1	19,9
Maximum	77	6318	91	76	64	36	30,8
Moyenne	51	3582	71	44	19	13	26,48

Quantification de la charge externe d'un match de rugby à XV d'une équipe de U18 de niveau national

Delforge, E.

Résumé

Objectif : Pour que l'entraînement soit efficient, il est nécessaire qu'il soit calibré sur les exigences de l'activité de compétition. Tandis qu'il existe beaucoup de données sur la pratique des seniors et le haut niveau, il y a relativement peu d'informations sur les exigences physiologiques d'un match de rugby à XV de niveau national chez les jeunes. L'objectif de cette étude est de quantifier l'activité en match de joueurs de U18 de niveau national afin de pouvoir prescrire des entraînements adaptés aux exigences de leur niveau compétition.

Méthode : Trente et un joueurs évoluant en U18 et participant au championnat de niveau national, (âge moyen : $16,8 \pm 0,7$ ans, masse moyenne : $81,4 \pm 17,6$ kg, taille moyenne : $179,4 \pm 7$ cm) ont été monitorés durant 11 matchs de compétitions avec des GPS. Seize joueurs ont été monitorés par match. La distance totale, le nombre d'accélération, la vitesse maximale et la distance de sprint (>21 km.h⁻¹) ont été quantifiés. Les joueurs ont été répartis en deux groupes, celui des avants et celui des arrières. Les données obtenues correspondent à l'activité d'un joueur au cours d'un match entier. Quarante-deux séquences ont été obtenues pour le groupe des avants et trente-neuf pour le groupe des arrières.

Résultats : Les arrières parcourent plus de distance que les avants au cours du match (5022 ± 432 m vs. 5480 ± 565 m, $p < 0.05$). Le nombre d'accélération (>2.5 m. s⁻²) pour les avants et pour les arrières était respectivement de 18 ± 9 vs. 26 ± 9 ($p < 0.05$). De plus hautes vitesses de course ont été atteintes par les arrières en comparaison avec celles des avants (26.3 ± 2.9 km.h⁻¹ vs. 29.2 ± 2.3 km.h⁻¹, $p < 0.05$). Les arrières ont parcouru plus de distance en sprint que les avants (140 ± 119 m vs. 280 ± 114 m, $p < 0.05$).

Mots clés : rugby à XV, GPS, match, quantification, U18

Compétences développées : Au cours de cette année, j'ai pu développer lors de mon apprentissage la capacité à interpréter les données GPS, l'aptitude à utiliser les données issues des matchs dans l'objectif de planifier et d'ajuster les contenus d'entraînement, et enfin l'expérience me permettant d'utiliser différents outils technologiques mesurant la performance sportive.

Quantification of the external load of a national level U18 rugby union match

Delforge, E.

Abstract

Objective: To make training effective, it is necessary to calibrate them according to the demands of the competition. While there is some data on senior elite and national level, there is little information about the physiological demands of a match in men academy rugby union players at national level. The aim of this study was to characterize the match activity of under 18 years old academy rugby union players in order to prescribe accurate trainings.

Method: Thirty-one male academy rugby players of the U18 national championship, (mean age: 16.8 ± 0.7 years, mean body mass: 81.4 ± 17.6 kg, mean height: 179.4 ± 7 cm) have been monitored during 11 competitive matches with GPS. Sixteen players were monitored per game. The total distances, number of accelerations, peak velocity and the distance at high velocity (>21 km.h⁻¹) were quantified. Position groups were defined as the forwards and the backs. The data obtained correspond to a specific position activity over an entire match. Forty-two sequences were included for forwards and thirty-nine for backs.

Results: Backs travelled more distance over the game than forwards (5022 ± 432 m vs. 5480 ± 565 m, $p < 0.05$). The number of accelerations (>2.5 m. s⁻²) for the forwards and backs were 18 ± 9 vs. 26 ± 9 times ($p < 0.05$), respectively. Higher high velocity running was achieved by the backs compared to forwards (26.3 ± 2.9 km.h⁻¹ vs. 29.2 ± 2.3 km.h⁻¹, $p < 0.05$). Backs covered greater distance at high velocity compared to forwards (140 ± 119 m vs. 280 ± 114 m, $p < 0.05$, respectively).

Keywords: rugby union, GPS, match, monitoring, U18