

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

ANNEE UNIVERSITAIRE 2021-2022

MEMOIRE

TITRE : M I S E E N P L A C E E T M E S U R E D E L ' E F F I C A C I T E D ' U N
P R O T O C O L E D E Q U A N T I F I C A T I O N E T D E S U I V I D E L A C H A R G E
D E T R A V A I L C H E Z D E S B A S K E T T E U R S D E N I V E A U N A T I O N A L .

P R E S E N T E P A R : T H O M A S J U L E S

S O U S L A D I R E C T I O N D E : M M E G A R C I N M U R I E L L E

S O U T E N U L E 29 / 08 / 2022

D E V A N T L E J U R Y :

**STAPS : EOPS (ENTRAINEMENT 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 :

Pour débiter je tiens à remercier la faculté des sciences du sport et de l'éducation physique de Lille ainsi que le Basket Club Liévinois pour m'avoir permis d'effectuer mon année de master 2 en apprentissage au seins de leurs structures.

J'aimerais également remercier Garcin Murielle, ma directrice de mémoire pour m'avoir donné l'opportunité de travailler avec elle, pour m'avoir partagé son expérience et ses réflexions, pour son soutien et son assistance indéfectible tout au long de l'année et dans l'élaboration de ce projet.

Je tiens particulièrement à remercier Plogaert Jérémy, Denisot Hervet et Estiennes Valentin qui m'ont encadré et accompagné tout au long de cette année dans ma structure d'apprentissage. Je les remercie pour la confiance et l'aide qu'ils m'ont accordé. J'ai énormément appris à leur côté et les côtoyer m'a énormément apporté dans la construction du professionnel que je suis.

J'aimerais sincèrement remercier Dufour Simon, le préparateur physique avec qui j'ai travaillé durant la saison au seins du club, qui m'a épaulé pour la mise en place du projet sur le terrain et pour les compétences que j'ai développé grâce à lui cette saison.

Je remercie les joueurs de l'équipe de Nationale 2 et de U18 France du Basket Club Liévinois. Les accompagner, les encadrer, échanger avec eux et travailler ensemble m'a aidé à développer mes compétences, à faire avancer ma réflexion et la façon dont je perçois et mets en place les programmations d'entrainement et le suivi des joueurs.

Enfin, j'exprime pleinement ma gratitude à mes parents et à ma compagne qui ont été présent à mes cotées durant toute cette année.

Sommaire :

Remerciements	p4
Sommaire	p5
Glossaire	p7
1. Introduction	p9
2. Revue de littérature	p10
2.1. Définition des concepts en lien avec la charge de travail.....	p10
2.2.Méthodes et marqueurs de suivi de la charge de travail	p13
2.2.1. Méthodes et marqueurs objectifs	p14
2.2.2. Méthodes et marqueurs subjectifs	p14
3. Problématique	p21
4. Objectifs.....	p22
5. Hypothèses.....	p22
6. Le stage	p22
6.1. Le milieu professionnel	p22
6.2. Les sujets.....	p23
6.3. Matériel et méthodes.....	p23
6.3.1. Matériel de mesure	p23
6.4. Le protocole	p27
6.5. Méthodes	p29
6.5.1. s-RPE	p29
6.5.2. Indice de monotonie	p29
6.5.3. Indice de contrainte	p30
6.5.4. EWMA.....	p30
6.5.5. Autres indices calculés	p30
6.5.6. Fiche de rapport hebdomadaire	p31
7. Traitement statistique	p31
8. Résultats	p33
9. Discussion, limites et perspectives.....	p40
10. Conclusions et applications terrain.....	p47
11. Bibliographie	p49

Annexes.....p63

Résumé, abstract et compétencesp75

Glossaire :

ACWR : *Acute : Chronic Workload Ratio.*

ACWR – EWMA : *Acute : Chronic Workload Ratio – Exponentially Weighted Moving Average.*

ARSS : *Acute Recovery Stress Scale.*

ASMR : *Auto Self Report Measures.*

AW : *Acute workload* : charge aiguë.

BCL : Basket Club Liévinois.

CK : Créatine Kinase.

C : *Contrainte / strain.*

CT : Charge de travail.

CW : *Chronic workload* : Charge chronique.

DALDA : *Daily Analysis of Life Demands of Athletes.*

EN : Echelle Numérique.

Euroleague : Championnat européen de basketball.

EVA : Echelle Visuelle Analogique.

EVS : Echelle Verbale Simple.

eTL : *external Training Load* : Charge de travail externe.

GPS : *Global Positioning System* : système de géolocalisation.

HAS : Haute Autorité de Santé.

HR : *Heart Rate* : Fréquence cardiaque.

iTL : *internal Training Load* : Charge de travail interne.

LCA : Ligament Croisé Antérieur.

Leaders Cup : Coupe des « *leaders* ». Coupe de basketball se déroulant en France en cours de saison en parallèle du championnat.

M : Monotonie / *Monotony*.

Motion Capture : Analyse vidéo.

NBA : *National Basketball Association* : Ligue de basketball américaine.

NM2 – NM1 : National Masculin 2 ou 1 (Divisions championnat français de basketball).

Playoffs : phases finales de championnat pour jouer le titre de champion.

POMS : *Profile of Athlete Mood State*.

REST-Q : *Recovery-Stress*

Roster : effectif d'une équipe de basketball (entre 10 et 15 joueurs).

RPE : *Rate of Perceived Exertion*.

SHRZ : *Summated Heart Rate Zone*.

s-RPE : *Session - Rate of Perceived Exertion*.

SRSS : *Short Recovery Stress Scale*.

STAPS : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Sweet spot : Zone cible / zone de sécurité.

TQR : *Total Quality Recovery*.

TRIMP : *Training Impulse*.

UA : Unités Arbitraires : *Arbitrary Units*.

U18 – U15 : *Under* 18 ou 15 : catégories d'âge.

WB : *Well Being* : Bien être.

1. Introduction :

Les études traitant de l'importance de la quantification et de la qualification des charges de travail (d'entraînement ?) afin d'optimiser la performance des athlètes sont nombreuses (Banister. 1975, Foster. 1998, Foster et Lehmann. 1997 et Vuorimaa et al. 2000). Cette pratique se reflète par des staffs qui préparent des planifications de plus en plus détaillées (Fleck. 1999 et Rowbottom. 2000). Bien que quantifier la charge soit fondamentale dans le processus d'entraînement, il est difficile de trouver un protocole qui permette cela de façon optimale (Foster et al. 2001). Ne prendre en compte que la distance parcourue ou le temps sur le chronomètre n'est hélas plus suffisant s'il on veut atteindre un très haut niveau de performance (Foster et al. 2001). Il faut aujourd'hui être capable d'ajouter d'autres indicateurs afin d'analyser le type d'effort, l'intensité, le nombre de répétition, tout en prenant en compte le principal aspect : le sportif. Celui-ci est le premier indicateur renseignant sur l'efficacité du travail effectué sur le terrain. Son ressenti face à la charge, son état émotionnel, son niveau de bien-être et le contexte dans lequel il évolue sont aussi important que les données objectives de l'entraînement.

En sport collectif et au basketball, l'intérêt du contrôle des charges est un sujet qui amène beaucoup de réflexion (Viru et Viru. 2000 et Svilar et al. 2020). En effets, la difficulté des sports collectifs comme le basket réside dans le fait que les différents types d'effort sont interconnectés, difficiles à dissocier les uns des autres et s'appliquent à des groupes de 10 à 15 joueurs selon les *rosters* (Svilar et al. 2020). Les mesures objectives les plus efficaces actuellement sont hélas soit onéreuses soit très chronophages (PowerLoad™, *motion capture* etc.). Il faut donc trouver des méthodes plus abordables, rapides et efficaces qui permettent un suivi de la charge.

C'est ainsi que des méthodes comme le RPE (Foster. 1998), les indices que l'on peut calculer grâce à lui (Foster et al. 2001) et les questionnaires subjectifs d'auto-évaluation (Haddad et al. 2017) interviennent comme étant des outils de premiers choix. Ce sont des outils validés scientifiquement, fiables, standardisés et qui permettent de suivre l'évolution des joueurs selon la charge afin d'adapter le travail futur et les programmations.

2. Revue de littérature :

2.1. Définition des concepts en lien avec la charge de travail :

Le terme « charge d'entraînement » est employé pour la première fois dans les années 1960 notamment avec Matveev en 1964 lors des premières recherches sur les principes d'organisation de l'entraînement, puis par Banister en 1975 sur la gestion et l'articulation de ces principes. Ces recherches vont mettre en évidence le lien entre les modalités d'entraînement (volume, intensité), l'évolution des charges au cours de la saison et l'impact direct sur la performance du sportif. À cette époque les sportifs avaient beaucoup moins d'échéances compétitives par an (1 à 2 pour les sports d'endurance, une dizaine pour les sports collectifs). La proportion de charge liée à la compétition se trouvait alors bien inférieure par rapport à celle liée à l'entraînement, donnant tout son sens au terme « charge d'entraînement ».

Aujourd'hui, on peut observer une augmentation importante des charges liées aux compétitions avec la multiplication des types de championnat et des saisons de plus en plus longues (exemple : 82 matchs de saison régulière en NBA et 100 en comptant les phases de *playoffs*, 34 dans le championnat français (50 avec les *playoffs*) plus une vingtaine avec la *Leaders Cup*, la Coupe de France etc.). Le terme charge de travail (CT) devient alors plus adapté car il englobe davantage les charges liées à l'entraînement et à la compétition (Dubois. 2017).

De plus en plus d'études s'intéressent à la relation entre la charge (au sens large), les risques de blessure (Soligrad et al. 2016) et les risques de maladies/infection (Schwellnus et al. 2016).

Dans son étude de 2017, Vanrenterghem et al. illustrent le phénomène d'adaptation selon la CT vécue et son impact sur les paramètres physiologiques, biomécaniques et psychologiques. Nous pouvons y voir que l'entraînement et la compétition nécessitent une quantification et une qualification précise afin que des conséquences néfastes ne surviennent pas. De la même façon ce contrôle permet l'observation des modifications face au stress métabolique, aux tensions mécaniques et la contrainte sur les tissus (Takarada 2003, McLellan et al. 2011 et West et al. 2014 et).

(Cf. annexe 1).

Les études de Soligrad et al. 2016, de Vanrenterghem et al. de 2017 et de Dubois 2017 ont participé à la reformulation de la définition de la charge de travail relative à la pratique en compétition.

Ainsi on peut la définir comme : « une contrainte sportive ou non sportive (induit par de simples ou multiples facteurs : physiologique, psychologique et/ou mécanique) correspondant à un stimulus appliqué au système biologique humain (à différents niveaux : cellule seule, tissu, un ou plusieurs systèmes d'organes ou l'individu dans sa globalité). Cette charge peut être appliquée sur des périodes de temps variables (secondes, minutes, heures, jours, semaines, mois et années) et à des degrés variables (durée, fréquence et intensité) (Soligrad et al. 2016).

L'objectif pour les staffs des pratiques compétitives, consiste à réussir le « monitoring » de la charge de travail du mieux possible afin d'adapter la prescription de l'exercice et conduire avec succès l'amélioration de la condition physique pour augmenter la capacité des sportifs à performer et diminuer le risque de blessure (Urhausen. 1995, Foster et al. 1996, Budgett. 1998, Gabbett. 2004, Putlur et al. 2004, Akenhead et al. 2015, Drew et Finch. 2016, Drew et al. 2016, Gabbett. 2016) (Cf. annexe 2).

Le « *monitoring* » de la CT (ou suivi de la CT), correspond à la mesure « qualitative et quantitative du travail physique » (Werchoschanski, 1992). L'intensité et la durée en sont les principales variables évaluées (Borrensen et Lambert, 2009).

La quantification et la qualification doivent cependant se faire en prenant en compte les caractéristiques individuelles d'adaptation des individus (Bouchard et al. 1999, Gabbett. 2016, Saw et al. 2016 et Jones et al. 2017). En effet, pour une même charge ou un même exercice (par exemple une course à 16km/h) la réponse physiologique, psychologique et mécanique des sujets ne sera pas la même. À vitesse égale, un sujet entraîné et un autre non entraîné n'auront pas une consommation en oxygène ni une fréquence cardiaque similaire. Cela peut provenir de différents paramètres comme : l'âge, le sexe, le niveau d'entraînement, le potentiel de récupération, le niveau d'entraînabilité, les facteurs énergétiques (Bouchard et al. 1999, Heck et al. 2004 et Borrensen et Lambert. 2009), les habitudes nutritionnelles, sa tolérance au stress (Lehmann et al. 1993, Jones et Caret. 2000, Coutts et al. 2004, McLean et al 2012 et Mann et al. 2014) ou sa génétique (Heck et al. 2004, Macarthur et North. 2005). En plus de moduler la réponse à l'effort, ces différents paramètres vont également influencer les risques de blessures et de maladies via la capacité de l'individu à « encaisser » les CT (Orchard et al. 2002, Arnason et al. 2004, Brooks et al. 2005, Gabbett. 2005, Buist et al. 2008, Ekstrand et al. 2011, Zwerver et al. 2011 et Rogalski et al. 2013). Un jeune sportif professionnel (1 à 3 ans d'expérience dans le haut niveau) aura davantage de facilité à s'adapter aux variations de charge, aura moins de facteurs augmentant les risques et sera donc moins sujet aux maladies et aux blessures par rapport à un sportif vétérinaire (plus de 7 ans dans le haut niveau) (Gabbett, 2016).

La CT et le taux d'incidence des blessures sont deux paramètres positivement corrélés dans le sport en général et dans les sports collectifs (Urhausen. 1995, Budgett. 1998, Gabbett. 2004, Putlur et al. 2004, Halson. 2014, Akenhead et Nassis. 2015, Drew et Finch. 2016, Drew et al. 2016, Gabbett. 2016, Weiss et al. 2017 et Gabbett. 2018). En sachant qu'une mauvaise prescription de la CT lors d'une journée peut engendrer des risques de blessure accrus durant tout le mois suivant (Orchard et al. 2009), il devient alors capital de manager les athlètes et de monitorer la fatigue globale afin de diminuer les risques de blessures (Laux et al. 2015) et de maladies (Johnson et al. 2013).

Drew et Finch publient en 2016 une revue systématique compilant 34 études (sur une base de 799 potentielles au départ) pour appuyer cet argument. Ils rapportent que dans 93% des études une relation positive est établie entre la CT et le taux d'incidence de blessures. Cette relation se retrouve également entre la CT et le risque de tomber malade chez les sportifs, avec 6 études sur 8 (soit 75%).

Afin de monitorer le plus précisément possible la CT, il est important que le staff dissocie les deux composantes de celle-ci : la CT externe (eTL) et la CT interne (iTL) (Wallace et al. 2014 et Bourdon et al. 2017).

L'eTL va correspondre aux caractéristiques de l'exercice comme la vitesse et l'intensité (Platonov, 1988). Elle représente une mesure objective et statistique du travail accompli par l'athlète durant les compétitions et les entraînements, indépendamment des caractéristiques interne du sportif (Wallace et al. 2009 et Wallace et al. 2014). Elle permet donc de prescrire et mesurer l'exercice physique du sportif.

L'iTL quant à elle, correspond à l'ensemble des stress biologiques (psychologique et physiologique) imposé à un athlète au cours de l'entraînement ou durant une compétition (Wallace et al. 2014 et Boudon et al. 2017). L'exercice provoquant une perturbation de l'état d'équilibre de l'organisme du sportif (Wallace et al. 2009).

On peut cependant noter une difficulté à évaluer la CT selon les disciplines (Viru et Viru. 2000). L'exercice produit dans des disciplines comme la course à pied, la natation, le cyclisme ou la musculation sont « relativement plus facile » à quantifier (grâce à la distance parcourue, au poids soulevé...) et à qualifier (grâce au pourcentage d'intensité, à la vitesse moyenne...). À l'inverse, les sports collectifs, par la diversité des actions produites et les différents types d'entraînement (travail spécifique, musculation, travail collectif, endurance...) sont plus complexes à quantifier et qualifier (Viru et Viru. 2000).

Pour optimiser les résultats de suivi des charges en sports collectifs et individuels, plusieurs articles ont montré qu'une évaluation utilisant simultanément des outils de contrôle de la charge interne et externe fournissait un suivi plus complet et plus précis (Borg et al. 1995, Mann et al. 2014 et Bartlett et al. 2017).

Dans une étude systémique parue en 2015, Akenhead et Nassis font un état des lieux des méthodes de quantifications/qualifications utilisées pour renseigner les données de suivi de la charge interne et externe dans les ligues majeures de football de différents pays. Quarante équipes ont répondu à cette étude et 56 variables différentes sont utilisées pour récolter des données. En moyenne, un staff utilise 7 ± 2 variables différentes pour quantifier le travail des joueurs.

Sur les 40 équipes concernées par l'étude, la totalité utilise les GPS pour suivre la distance parcourue, les différents types d'accélération, et quantifier les charges externes. 40% utilisent le « *motion capture* » et 33% et 40% utilisent des accéléromètres et des cardio-fréquence mètres évaluant de nouveau la charge externe. 61% des équipes utilisent des questionnaires et des échelles subjectives d'auto-évaluation et 30% utilisent le RPE à l'entraînement (et 10% en match) pour évaluer la charge interne,

Si l'on observe la relation entre la CT et la performance, on peut observer que la courbe qui matérialise cette relation est une courbe en U (Gabbett. 2016). Dans un premier temps on assiste à une relation exponentielle entre les deux paramètres. Plus la charge d'entraînement augmente, plus la performance augmente également. Puis, si la charge continue de monter de manière incontrôlée, le niveau de performance chute drastiquement amenant avec lui différentes pathologies telles que le syndrome du surentraînement, les blessures et les maladies (Banister et al. 1975 et Foster 1996). L'objectif pour les staffs est donc de réussir à atteindre le pic de la courbe, à l'équilibre entre la CT la plus élevée et le plus haut niveau de performance. On appelle ce point *le sweet spot*.

2.2. Méthodes et marqueurs de suivi de la charge de travail :

Les méthodes de suivi de la charge de travail sont communément séparées en deux catégories : les méthodes de suivi objectives et les méthodes subjectives (Impellizzeri et al. 2004, Sansone et al. 2018 et Svilar et al. 2020)

2.2.1 Méthodes et marqueurs objectifs :

Un des moyens d'évaluer la CT est donc en analysant les marqueurs objectifs. Ceux-ci donnent des informations concrètes sur le travail effectué par l'athlète. On est ainsi capable de renseigner précisément quelle distance le sportif parcourt, à quelle intensité, à quelle vitesse, en combien de temps ou quelle de charge il a soulevé. On retrouve alors les outils suivants : les micro technologies (GPS, capteurs inertiels), la fréquence cardiaque (Berkelmans et al. 2017) et les différents modèles de calculs qui en dépendent (TRIMP et le SHRZ par exemple). Mais aussi les marqueurs biologiques (Nunes et al. 2014) (comme la créatine kinase (CK), le cortisol (McGuigan et al. 2004) ou la testostérone), la *motion capture* (ou analyse vidéo des mouvements biomécanique) et les tests de conditions physiques (visant à évaluer la performance lors d'un test standardisé pour mesurer l'évolution du niveau de fatigue). L'inconvénient de ces outils réside dans le fait qu'ils sont parfois onéreux et nécessite une main-d'œuvre qualifiée pour les utiliser et comprendre les résultats (Jones et al. 2017).

Nous ne développerons pas davantage cette partie dans ce document car nous ne les utiliserons pas dans l'étude.

2.2.2 Méthodes et marqueurs subjectifs :

Les méthodes et marqueurs subjectifs sont la deuxième méthode pour quantifier qualifier la CT. Ces outils sont ce que l'on appelle des ASMR (Auto Self Report Measures) (Edwards et al. 2018), qui se basent sur le ressenti du sportif. On ne se renseigne pas ici des données métriques ou numériques mais plutôt l'avis du sportif sur une situation vécue ou sur son état (de forme, mental et physique) (Delcroix. 2018). Celui-ci doit alors répondre à différentes questions, émettre une note ou une appréciation pour quantifier et qualifier la CT. Le fait d'utiliser ces outils implique forcément qu'ils restent sous le contrôle de l'athlète qui peut facilement biaiser le résultat (Saw et al. 2015). Cependant, ce sont souvent des outils qui ne nécessitent pas beaucoup de moyens pour être mis en place, ni d'avoir du personnel hautement spécialisé (Fox et al. 2017).

Nous allons présenter ici quelques-unes des méthodes qui existent (liste non exhaustive).

RPE et s-RPE :

Le RPE (« *Rate of Perceived Exertion* ») est une échelle visant à évaluer la pénibilité de l'exercice et selon son évolution dans le temps à détecter l'entraînement excessif lié à un état de fatigue afin de prévenir le surentraînement (Snyder et al. 1993 et Kentta et Hassmen. 1998). En effet, à partir d'un exercice ou d'une séance standardisée, le niveau de fatigue du sportif pourra être évalué en regardant s'il y a une augmentation du RPE (Snyder et al. 1993). Il a été démontré que l'évaluation avec le RPE est plus sensible et fiable pour mesurer l'accumulation de la fatigue que l'évaluation via la fréquence cardiaque (Martin et Andersen. 2000). Pour cela, différentes versions existent mais nous nous restreindrons à ne présenter que la version CR-10 de Borg (1962) modifié par Foster en 2001, qui est celle utilisée pour calculer le s-RPE (« *session-Rate of Perceived Exertion* »).

À l'issue de la séance/exercice, le sportif doit répondre à la question suivante : « Comment avez-vous perçu l'effort effectué durant la séance ? ». Pour cela, il a le choix entre différentes notes allant de 0 (« rien du tout, repos ») à 10 (« similaire à ma compétition la plus pénible ») (Foster 1995, Foster 1996 et Foster et al. 2001A).

Notons qu'un protocole de familiarisation, d'adaptation et de passation est à respecter pour que les résultats soient fiables, représentatifs et permettent aux sportifs d'apprendre à ajuster la note (plus les athlètes notent de séances, plus ils créent une base de données liée à leur expérience. Ils peuvent alors comparer la séance vécue aux précédentes, amenant ainsi davantage de précision) (Foster et al. 2001A, Impellizzeri et al. 2004). Nous aborderons plus tard dans cette étude ce protocole.

Spécifions également que les résultats liés au RPE varient d'un individu à l'autre selon l'état psychologique, le passif sportif, le poste de jeu, l'âge, et son environnement (par exemple comment a-t-il vécu sa journée) etc. (Morgan. 1973).

À partir du RPE, le staff est alors en mesure d'utiliser la méthode du s-RPE (*session-RPE*). Le s-RPE est un modèle de calcul simple, non invasif et peu coûteux (Haddad et al. 2017), visant à quantifier la charge interne d'une session d'entraînement ou d'un exercice en utilisant leur intensité et durée respective (Edwards. 1993, Foster. 1998 et Haddad et al. 2017). Son utilité réside également dans le fait qu'il permet de suivre les adaptations individuelles du sportif à l'entraînement et d'analyser en partie l'efficacité de la périodisation d'entraînement (Drust et al. 2000, Foster et al. 2001A et Foster et al. 2001B).

Le modèle du s-RPE a énormément été étudié dans la littérature scientifique. On peut recenser pas moins de 950 études (chiffres de 2018) sur les trois moteurs de recherche : PubMed, SPORTDiscus et GoogleScholar. La validité du s-RPE pour quantifier la charge de travail interne représente la majorité des thèmes d'étude et a été démontré (Foster et al. 2001b, Herman et al. 2006 et Haddad et al. 2017) dans différents sports et modalités d'activités comme : les sports d'endurance (Foster et al. 2001a), les sports collectifs (Impellizzeri et al. 2004 et Lupo et al. 2014) la natation (Wallace et al. 2009), les séances tactiques/techniques (Haddad. 2017), les séances d'efforts intermittents (Haddad. 2017) ou encore les séances de vitesse/pliométrie (Haddad. 2017 vérif su rartcile pour les 3 derniers). Dans le cadre de la pratique du basketball, des études montrant la validité du modèle du s-RPE chez les jeunes et aux niveaux semi-professionnel et professionnel (homme et femme) ont aussi été publiées (Foster et al. 2001A, Manzi et al. 2010, Clarke et al. 2013, Nunes et al. 2014, Scalan et al. 2014, Feu et al. 2015 et Lupo et al. 2017).

Pour calculer la charge interne liée à l'activité, le calcul suivant est effectué (Foster 1995, Foster 1996 et Foster et al. 2001A) :

$$\text{Durée de la session (min.)} \times \text{intensité de la session (RPE)} = \text{Charge interne (UA)}.$$

La durée totale de l'exercice/séance est exprimée en minutes et l'intensité via la note renseignée avec l'échelle RPE. Le résultat est ensuite exprimé en unités arbitraires (ou « *arbitrary units* ») renseignant sur la magnitude de la séance (Foster et al. 2001A). Les unités arbitraires sont l'unité de référence pour les CT (Foster. 1998).

Il est également possible d'utiliser le s-RPE dans des sports de force (Sweet et al. 2004). Pour cela, deux options de calcul existent. La méthode de Foster de 2001 présentée ci-dessus, et une seconde méthode où le RPE est multiplié par le nombre total de répétition effectué lors des exercices de résistance (Foster. 1996, Foster. 1998, McGuigan et Foster. 2004, McGuigan et al. 2004, Sweet et al. 2004). Cela permet de gagner en précision en ne se basant pas sur le temps total de la séance/exercice (qui fluctue souvent dans les sports de force selon les méthodes de travail utilisées et les temps de repos associés), mais directement sur le travail physique produit (82svilar).

Les résultats quant à la fiabilité de la méthode du s-RPE pour quantifier la charge de travail interne ont été corrélé avec ceux provenant d'autres méthodes de quantification comme le TRIMP de Banister de 1991, le TRIMP d'Edward de 1993, le TRIMP de Lucie de 2003

(Haddad et al. 2017) ou encore le SHRZ (Borresen et Lambert. 2004 et Manzi et al. 2010). Il a également été démontré que le s-RPE combiné à un suivi de la fréquence cardiaque (« *Heart Rate* » = HR) permettait de gagner en précision lors de la quantification (Borg et al. 1985). Wallace et collaborateurs en 2009, démontrent que l'utilisation du s-RPE se voit être plus précis que l'évaluation avec la HR où la distance totale parcourue pour mesurer la réponse à l'effort lors d'exercices intermittents ou de hautes intensités.

Monotonie et contrainte :

En plus de moduler la charge à l'intérieur des mésocycles et des microcycles grâce au RPE et au s-RPE, il faut également la moduler entre les différents macrocycles. Une charge qui ne fluctue que peu entre les différentes phases de la saison (présaison, première partie, seconde partie, phase finale, de transition ...) aura pour conséquence d'augmenter le risque de blessure (Jones et al. 2017 et Rogalski et al. 2013).

C'est ainsi que l'indice de monotonie (« *Monotony* » = M) et de contrainte (« *Strain* » = S) ont vu le jour (Foster. 1998).

L'indice de M utilisé par Foster dès 1998 a pour but d'évaluer la variabilité de la CT et de l'entraînement au fil des jours.

Cet indice se calcule de la façon suivante (Foster. 1998):

$$\text{Monotonie} = \text{Moyenne de la CT de la semaine} / \text{Ecart type de la CT} = \text{Ratio}$$

Si l'indice est supérieur ou égal à 2, alors le niveau de M est interprété comme élevé, la variabilité de la charge est faible et il y a un risque de surentrainement, de maladie, de blessure et de fatigue accru (Foster. 1998, Haddad et al. 2017).

L'indice de C quant à lui se calcule de la façon suivante (Foster. 1998):

$$\text{Contrainte} = \text{CT de la semaine} \times \text{Monotonie} = \text{Contrainte (en UA)}$$

Il est complémentaire à l'indice de M et représente la quantité de contrainte causée par la CT au sportif couplée avec la variation de cette charge (M). Une C trop importante aura pour conséquence des adaptations négatives à l'entraînement (Foster. 1998).

ACWR et ACWR-EWMA :

De la même façon que les indices de M et de C, l'ACWR est un modèle d'aide au contrôle de la CT se servant du RPE et du s-RPE. De nombreuses études ont validé cet outil dans le cadre du suivi et du contrôle de la CT, mais aussi comme indicateur des risques de blessure et ce notamment en sport collectif (Hulin et al. 2014, Murray et al. 2017 et Weiss et al. 2017).

L'ACWR est un ratio (A : C) calculé entre la charge aiguë (*Acute Workload* : AC) et la charge chronique (*Chronic Workload* : CW) (Blanch et Gabbett. 2016, Gabbett. 2016, Delcroix. 2018 et Gabbett. 2018). La charge aiguë correspondant à la somme de la CT des 7 derniers jours (et est la représentation de l'état de fatigue aiguë (Hulin et al. 2014 et Murray et al. 2016)) et la charge chronique à la somme des 14, 21, 28 ou 42 derniers jours (selon la construction des cycles de travail) (et est la représentation de l'état de forme/condition physique (Hulin et al. 2014 et Gabbett. 2016)) (Blanch et Gabbett. 2016, Gabbett. 2016, Malone et al. 2017, Menaspa. 2017, Murray. 2017, Delcroix. 2018, Gabbett. 2018 et Soligrad et al. 2018).

Deux modèles peuvent être utilisés pour calculer le ratio. Le modèle « classique » de l'ACWR avec une « moyenne mobile » (ou « *rolling average* » : ACWR) et le modèle ACWR-EWMA (« *Exponentially Weighted Moving Average* ») avec une moyenne exponentielle pondérée (« *exponentially weighted* ») (Menaspa. 2017, Murray et al. 2017 et Gabbett et al. 2019).

Dans le modèle de l'ACWR la charge aiguë, la charge chronique et les différents jours de ces périodes (le J0, J+1, J+5, J10 etc.) ont une charge d'importance égale. La charge vécue il y a 2 semaines a alors autant d'impact que la charge d'hier dans le ratio (Menaspa. 2017 et Murray et al. 2017).

Calcul pour l'ACWR :

$$\text{ACWR} = \text{Moyenne des charges de la semaine en cours (7jours)} / \text{Moyenne des charges des 14/21/28 ou 42 derniers jours} = \text{Ratio}$$

Dans le modèle de l'ACWR-EWMA on attribue une pondération décroissante aux valeurs des charges de travail les plus anciennes (William et al. 2017). On prend en compte l'évolution de la condition physique en diminuant l'impact des charges les plus anciennes dans le calcul du ratio (Menaspa 2017). Ce ratio a été créé pour répondre à la problématique liée au fait que l'ACWR avait tendance à linéariser les résultats et les charges, et donc d'amoindrir les effets du temps et de la compensation lors du calcul du ratio (Menaspa 2017). L'avantage de ce

deuxième modèle réside également dans le fait que le ratio de l'ACWR-EWMA est plus précis quand il est élevé et très élevé par rapport à l'EWMA qui a tendance à perdre en précision passé un certain seuil (1.5 -1.6 selon les études) (Murray et al. 2017).

Calcul pour l'ACWR-EWMA (Menaspa. 2017 et Williams et al. 2017):

$$\text{ACWR-EWMA} = \text{Charge du jour} \times \lambda a + ((1-\lambda a) \times \text{EWMA}_{\text{hier}}) = \text{ratio}$$

$$\lambda a = 2/(N+1)$$

N=Jour de la charge chronique (14, 21, 28 etc.)

L'objectif de ces deux modèles est de fournir au staff un ratio sous forme chiffrée représentant l'historique de l'athlète, la façon dont l'athlète évolue selon les charges et son état général (Gabbett. 2016 et Menaspa. 2017). Cela afin que le staff puisse adapter au mieux la périodisation d'entraînement et avoir un suivi du risque de blessure.

Différents auteurs (Blanch et Gabbett, 2016, Gabbett, 2016, Delcroix, 2018 et Malone, 2017 et Murray, 2017, Menaspa. 2017) ont publié dans leurs études des ratios « clés » correspondant à différents états du sportif. Précisons que ces ratios ne sont pas des ratios « magiques » (Gabbett. 2018) qui garantissent les effets qui leur sont attribués, mais sont davantage des repères pour aiguiller les staffs. Ils doivent donc être pris avec du recul et adapter à l'environnement et aux sportifs (Gabbett. 2018).

Retrouvez en annexe 3 les ratios et les interprétations associées selon Blanch et Gabbett, 2016, Gabbett, 2016, Delcroix, 2018 et Malone, 2017 et Murray, 2017.

On peut observer trois types de ratio. Les ratios orange, vert et rouge.

Les ratios orange (<0.8, <0.85, <0.49 et 0.5 – 0.99) représentent l'état d'un sportif ayant une CT trop faible. Si le sportif reste trop longtemps (plus d'une semaine en continu) avec un ratio de cette couleur, il risque de voir son niveau de performance diminuer et le risque de se blesser augmenter (on parle ici de blessure sans contact car celles avec ne sont pas prédictibles (Gabbett 2016)).

Ensuite, si notre sportif se trouve avec un ratio de couleur verte (0.8 – 1.3, 0.9 – 1.4 et 1 – 1.49), il est dans le « *sweet spot* ». Le *sweet spot* est le ratio cible qui signifie que la CT est adaptée à la condition du sportif et que les risques de blessure sont relativement faibles.

Enfin, si le ratio est rouge (>1.5 et >2) et pendant une période trop longue (une semaine en continu), cela veut dire que la CT est trop importante et les risques de blessure sont très élevés. Par exemple, un ratio >2 au football pendant une semaine multiplie par 11 le taux d'incidence de blessure la semaine suivante (Cf. annexe 4) (Gabbett, 2018).

Bien qu'il existe des stratégies d'entraînement avec des passages volontaires et plus ou moins long dans les zones orange et rouge, l'objectif principal du staff est d'adapter les charges de la périodisation afin que le sportif soit le plus souvent dans la zone verte.

Des principes de travail communs sont applicables à l'ACWR et l'ACWR-EWMA pour maximiser la capacité à performer et limiter les risques de blessure.

Le premier principe est de contrôler la variation de la CT (en UA) et de l'ACWR (ou de l'ACWR-EWMA) d'une semaine à l'autre. Une augmentation de 10% de la CT entre les semaines et de 5% entre les séances (Main et al. 2010 et Gabbett, 2016) est conseillée. Sinon on observe une augmentation de 40% des risques de blessure (Piggott et al. 2009, Cross et al. 2015, Delcroix, 2018 et Gabbett, 2018), de 50 à 80% des risques de blessure au niveau des tissus mous (Gabbett. 2016) et de 40% le risque de tomber malade (Piggott et al. 2009). Un accroissement de plus de 15% augmentera les risques de blessure de 21 à 59% (Gabbett, 2016). Ces pourcentages restent évidemment des lignes directrices et doivent s'adapter à l'environnement et aux sportifs concernés (Gabbett, 2016 et Gabbett 2018). Un athlète avec une charge chronique basse ressentira davantage une variation de 10% d'une semaine à l'autre par rapport à un athlète avec une charge chronique élevée (les 10% étant une fluctuation qu'il encaissera plus facilement), (Gabbett 2016) (Cf. annexe 5).

Malgré l'augmentation progressive de la charge au fil des jours, le sportif devra dans l'idéal redescendre à la charge de référence (celle de début de cycle). Il est question d'effectuer cette décharge 4 à 5 jours lors d'un cycle de 21 jours (Jones et al. 2017).

On peut ajouter qu'une charge chronique élevée (sur 3-4 semaines) est reliée à un effet protecteur et préventif face aux risques de blessure (Gabbett. 2016, Soligard et al. 2016, Malone et al. 2017, et Delcroix, 2018). Cependant, si celle-ci est combinée à un ACWR bas (zone orange), on se retrouve alors avec l'effet inverse et un risque de blessure très important (Delcroix, 2018).

Dans la continuité des points précédent, l'intérêts de ces ratios et de pouvoir suivre les pics et les creux liés aux CT, tous deux corrélés avec des risques de blessure multipliés par 2 ou 3 (selon les études) lors des deux semaines suivantes. Ils sont donc à éviter ou à placer intelligemment dans la planification (Hulin et al. 2014, Gabbett. 2016 et Murray et al. 2016).

Les questionnaires de bien-être :

Les questionnaires sur le bien être (« *Well being* » : WB) chez le sportif représente encore à l'heure actuelle une zone grise avec beaucoup de questions en suspens et un champ d'études encore très large et peu exploré (Conte et al. 2018). Ces outils regroupent souvent plusieurs indicateurs servant à mesurer plusieurs aspects composant le WB comme : la qualité du sommeil, l'état émotionnel, le niveau de stress, d'anxiété etc. (McLean et al. 2010, Gabbett. 2016 et Conte et al. 2018). L'objectif est de pouvoir analyser les marqueurs liés à leur état de WB, afin de mieux comprendre les interactions, d'évaluer la réponse à la CT et d'individualiser cette charge aux spécificités des sportifs (McLean et al. 2010 et Gabbett. 2016).

Bien que répandu dans beaucoup de disciplines du sport de haut niveau ce type de questionnaire n'est hélas pas encore démocratisé dans toutes les disciplines (McLean et al. 2010 et Gabbett. 2016). Par exemple au basketball, ou encore aucune étude n'a été réalisé sur la fluctuation du WB des joueurs et la relation avec la charge (Gabbett. 2016).

Différents outils et questionnaires peuvent être utilisés comme le SRSS (« *Short Recovery Stress Scale* ») / ARSS (Kellmann et Kölling. 2019), le *Wellness* (Gallo et al. 2017), le POMS (« *Profile of Athlete Mood State* ») (Buchheit. 2015), REST-Q (« *Recovery-Stress* ») (Kellmann et Kallus. 2001 et Coutts et Reaburn. 2008), le TQR (« *Total Quality Recovery* ») (Kentta et Hassmen. 1998) ou encore le DALDA (« *Daily Analysis of Life Demands of Athletes* ») (Coutts et al. 2007).

3. Problématique :

La volonté d'atteindre un haut niveau de performance nécessite un niveau d'attention aux charges de travail et à l'état des joueurs pour les manager de la meilleure des façons. Avec un calendrier de championnat toujours plus chargé, les staffs doivent augmenter les volumes et l'intensité des séances d'entraînement pour rester compétitifs. La question se pose alors de quantifier et de qualifier les charges afin de pouvoir être cohérent dans l'agencement de celles-ci.

Lors de la revue de littérature, nous avons pu mettre en valeur une grande diversité de méthodes et d'outils permettant un suivi des charges et des joueurs.

Nous allons donc devoir sélectionner les méthodes les plus adaptées et pertinentes pour qu'elles puissent être mises en place à notre niveau et avec les ressources qui nous sont disponibles.

Cette étude devra nous permettre d'évaluer si :

- Le protocole proposé nous permet de suivre l'évolution des charges et des joueurs au fil des cycles de travail ?
- Il y a une harmonisation progressive des charges prescrites par le staff avec celles ressenties par les joueurs?
- Il y a une amélioration à réaliser afin d'affiner le protocole pour la saison prochaine.

4. Objectifs :

L'objectif de ce mémoire est de proposer un protocole de quantification et de qualification des charges de travail en sélectionnant les outils qui les plus appropriés à la pratique du basketball et à l'environnement du club. Nous veillerons également à vérifier s'il y a au fil du temps une harmonisation entre les charges prescrites par le staff avec celles ressenties par les joueurs. Ces travaux permettront de fournir aux entraîneurs des données objectives l'évolution de l'état des joueurs, un protocole de suivi des charges et de me créer un outil de base que je pourrais faire évoluer la saison prochaine.

5. Hypothèses :

L'hypothèse formulée est que le protocole proposé lors de cette étude permet le suivi des charges de travail des joueurs, ainsi que la possibilité de suivre les cycles de travail et que l'on observe une harmonisation entre les notes du staff et celle des joueurs dans le temps.

6. Le stage :

6.1. Le milieu professionnel :

Le Basket Club Liévinois (ou BCL) est un club de basket-ball basé à Liévin (62). Le club est composé d'une équipe semi-professionnelle, d'une filière de formation élite (U15 et U18 Nationaux), et d'une section amateur. Le club a la particularité de n'être que masculin (les filles étant réorientées vers les clubs plus importants de proximité comme l'ESBVA-LM ou Arras Pays D'Artois).

Le stage (effectué dans le cadre d'un contrat d'apprentissage) est effectué au côté de l'équipe semi-professionnelle, ainsi qu'avec l'équipe U18 de la section de formation élite (les U15 étant basé à Dourges dans le cadre d'un projet d'entente entre les deux clubs).

Le protocole exécuté sera quant à lui exclusivement effectué auprès des joueurs de l'équipe semi-professionnelle qui évolue en Nationale Masculine 2 (4^{ème} division Française). Le club a pour projet sous moyen terme (2-3 ans), de faire passer l'équipe de NM2 à NM1 (3^{ème} division Française). Cela implique de professionnaliser la totalité des joueurs et du staff. Mon projet d'étude s'inscrit donc dans cette dynamique de professionnalisation. La saison prochaine, l'objectif sera de pérenniser le protocole que nous allons mettre en place ici, de l'optimiser, et de le diffuser sur les équipes de la formation élite.

6.2. Les sujets :

Les sujets ont été informés du déroulement de l'étude, ainsi que les parents du sujet mineur et le staff du groupe. Tous ont été mis au courant du suivi que cela incombé et de l'exploitation future de leurs données personnelles

Dix sujets ont été sélectionnés pour cette étude sur un total de quinze au départ (N=10). Dans cet effectif nous retrouvons six joueurs professionnels, trois joueurs semi-professionnels (qui combinent en plus du basket un emploi : professeur, surveillant en collège et étudiant en STAPS) et un joueur U18 (faisant partie du sport étude). Trois étrangers sont présents au sein de l'effectif : 2 américains et 1 serbe. Les tests seront donc présentés en version anglaise et française.

Ci-dessous, un tableau de caractérisation des sujets impliqués dans l'étude (Tableau 1).

Sujets (N=10)	Âge (en années)	Taille (en cm)	Masse (en kg)
10	25,7 ± 4,8	193,2 ± 10,4	87 ± 9,8

Tableau 1 : Caractéristiques des sujets (N=10).

6.3. Matériel et méthodes :

6.3.1. Matériel de mesure :

La récolte des données s'effectue sur 3 supports informatiques. Une tablette IpadPro, un ordinateur Mac et un ordinateur portable Asus.

Chaque appareil est connecté au réseau internet et a accès à un drive commun (sous format Google Sheet) qui héberge les fiches individuelles des joueurs (Cf. annexe 6). Chaque joueur dispose d'une page où il retrouve les différents outils et tableau pour entrer ses mesures. Nous présentons dans la suite de la partie les 3 outils que nous utilisons. Une page intitulée « zone

d'attente » sert de zone neutre. C'est une page commune à tous qui sert à faire passer les sujets sans qu'ils ne puissent voir les résultats des autres (Cf. annexe 7).

Le document Google Sheet est partagé aux différents membres du staff afin qu'ils puissent avoir accès aux informations. Cependant, aucun n'a le statut pour modifier les documents. Je reste le seul administrateur pouvant apporter des modifications.

Un autre document sert de base de données où toutes les informations des tableaux sont regroupées. C'est à partir de ce document que le calcul du s-RPE et des autres indices se fait (Cf. annexe 8). Je suis le seul à avoir accès au document. Le reste du staff reçoit alors un compte rendu en fin de semaine avec les informations clés (Cf. annexe 9).

Short Recovery Stress States (SRSS) :

Le SRSS (ou « *Short Recovery Stress States* ») est un questionnaire d'auto-évaluation subjective ayant pour but d'évaluer l'état global de l'athlète, de sa récupération physique et cognitive (Kellmann et Kölling. 2019). La validité et la répétabilité du SRSS ont été prouvées par Kellmann et Kölling en 2016 et en 2019. Initialement, le protocole fait passer le test le matin au levé. Nous avons décidé dans notre étude de faire passer le questionnaire aux joueurs lors de leur arrivée à la salle ou en rentrant sur le terrain. Cela nous donne des informations sur la façon dont le sportif réagit à la CT et l'influence que peut avoir l'environnement sur sa capacité à s'entraîner. Par exemple, si notre athlète sort d'une journée de travail intense ou avec des aléas négatifs, les notes reflèteront cet état. Cela nous permettra d'adapter les contenus et l'approche avec lui durant la séance. Au-delà de nous donner une évaluation chiffrée, le SRSS est aussi utile pour engager la discussion avec le sportif (Akenhead et al. 2015 et Kellmann et Kölling. 2019). Il est une fenêtre pouvant aider à la communication entre staff – joueur.

Le SRSS est une version condensée de l'ARSS (« *Acute Recovery Stress States* ») (32 items), avec 8 items et une note à renseigner à l'aide d'une échelle de Likert allant de 0 à 6. Il n'existe à l'heure actuelle qu'une version anglaise et allemande de l'outil. J'ai donc fait le choix de traduire l'outil en français en me fiant un maximum aux définitions que l'on trouve dans la littérature psychologique (Cf. annexe 10). Pour les sportifs anglophones, la version anglaise était utilisée (Cf. annexe 11).

Les items répondent à 2 thèmes d'évaluation : ceux relatifs à la récupération et les autres à la capacité cognitive. Pour les items relatifs à la récupération, les sportifs reçoivent les indications écrites suivantes : « Vous trouverez ci-contre une liste d'expressions qui décrivent différents aspects en lien avec votre état actuel de récupération. Évaluez ce que vous ressentez par rapport à votre état de récupération optimal ». Pour les items relatifs à l'évaluation cognitive, les

consignes suivantes sont données : « Vous trouverez ci-contre une liste d'expressions qui décrivent différents aspects de votre état cognitif actuel. Évaluez ce que vous ressentez par rapport à votre état cognitif optimal ».

Les 8 items suivants sont ensuite à noter de 0 à 6, 0 : « je ne suis pas du tout d'accord » et 6 « je suis totalement d'accord ».

Item 1 : Capacité à performer physiquement (se sent fort, plein d'énergie, en bonne condition physiquement).

Item 2 : Capacité à performer mentalement (se sent réceptif, alerte, concentré et attentif).

Item 3 : État émotionnel (heureux, de bonne humeur, tout est sous contrôle et équilibré).

Item 4 : Niveau de récupération général (reposé, relaxé, relâché musculairement et physiquement détendu).

Item 5 : Stress musculaire (éprouvé musculairement, fatigue musculaire, douleurs musculaires et raideurs musculaires).

Item 6 : Manque d'activation (démotivé, peu enthousiaste, manque d'énergie).

Item 7 : État émotionnel négatif (se sent déprimé, stressé, agacé, colérique).

Item 8 : État global (fatigué, usé, surchargé, éprouvé physiquement).

Dans notre protocole, le test est passé tous les jours (entraînement + match). Lors des jours avec bi entraînement, l'évaluation s'effectuait le matin en arrivant. Les sportifs devaient répondre au test en arrivant à la salle ou en sortant du vestiaire avant de commencer n'importe quelle activité physique. L'évaluation s'effectuait sur la page personnelle des sportifs sur un des 3 appareils prévus à cet effet et à l'écart du groupe. Le sportif remplissait le tableau seul, sans échanger sur la note avec qui que ce soit. Le test devait s'effectuer en 40 à 60 secondes. Durant les 3 premières semaines, nous reformulions avec le joueur les réponses par rapport aux notes renseignées afin de s'assurer de la bonne compréhension des réponses apportées.

Echelle de cotation des douleurs et schéma de localisation :

Lors de notre protocole, chaque joueur devait remplir un outil visant à renseigner les douleurs physiques. L'objectif pour le staff était d'avoir une vision de l'état des joueurs jour après jour, de l'évolution des douleurs dans le temps et ainsi pouvoir adapter nos interventions. Comme pour le SRSS, en plus d'un objectif de suivi et d'information, cela nous a permis d'entrer plus facilement en contact avec les joueurs.

À l'heure actuelle, il n'existe pas d'outil à faire passer rapidement permettant de quantifier et de qualifier la douleur chez un sportif. Il existe des outils spécialisés dans l'évaluation de douleurs précises (comme le K-start pour les douleurs liées à l'évolution de la rééducation post rupture LCA) ou clinique mais pas pour les sportifs au quotidien.

Je me suis donc basé sur le document de l'HAS (Haute Autorité de Santé) qui répertorie les différents types d'échelle d'auto-évaluation de la douleur en milieu hospitalier, pour créer un outil similaire et adapté à mon contexte.

J'ai ainsi retenu 3 modèles d'échelles : l'échelle visuelle analogique (EVA), l'échelle numérique (EN) et l'échelle verbale simple (EVS).

J'ai ensuite développé une échelle qui combine ces 3 modèles, avec une cotation allant de 0 à 5 et avec une évaluation verbale pour chaque note. Ainsi, 0 : « Pas de douleur », 1 : « Peu de douleur », 2 : « Douleur moyenne », 3 : « Douleur forte », 4 : « Douleur très forte » et 5 : « Douleur insupportable ». Une note de 5 amené obligatoirement le sportif à ne pas pratiquer lors de la séance.

En plus de l'échelle, j'ai ajouté avec l'outil une représentation d'un corps humain afin d'aider le joueur à localiser la douleur ou qu'on puisse l'aider à le faire de façon précise (l'outil est à retrouver en annexe 12).

Les joueurs devaient remplir cet outil juste après avoir renseigné le SRSS. La note était à renseigner lors de tous les entrainements (muscultation et basket) et matchs (amicaux, à domicile ou à l'extérieur). Pour les journées avec deux entrainements, ils ne remplissaient l'outil lors du deuxième entrainement que s'il y avait des modifications par rapport à la séance précédente.

Pour remplir, il fallait inscrire la zone douloureuse en étant le plus précis possible, exemple : tendon rotulien genou droit, puis y ajouter une note. Si plusieurs zones étaient douloureuses, le joueur les notait à la suite en les séparant par un « / » et en faisait de même pour les notes. Si aucune zone n'était douloureuse, le sportif ajoutait une « X » dans la case et un 0 dans la cotation.

Echelle RPE de Borg :

Pour quantifier la iTL j'ai décidé d'utiliser la méthode du s-RPE (Foster et al. 2001A) qui a déjà été utilisé dans des études précédentes dans le monde du basketball (Manzi et al. 2010, Nunes et al. 2014, Scalan et al. 2014, Lupo et al. 2016 et Paulauskas et al. 2019). Pour cela, nous utilisons l'échelle RPE à 10 niveaux de cotation de Borg (CR-10), que Foster et al. ont modifiés dans leur étude (Foster et al. 2001A).

Nous utilisons la version originale anglaise (Cf. annexe 13) pour les joueurs étrangers anglophones, ainsi qu'une version traduite en français utilisée par Garcin en 2002 pour les francophones (Cf. annexe 14).

Nous respectons le protocole standardisé décrit par Foster et al. dans leur étude de 2001 pour la passation du questionnaire. Nous nous assurons également que les conditions de passation soient toujours les mêmes : même lieu, mêmes appareils de relevé, même environnement, toujours après le même temps d'attente etc.

Les sujets doivent répondre à la question suivante : « Comment avez-vous perçu l'effort effectué durant la séance ? ». Il apporte la réponse en choisissant sur l'échelle RPE une note concernant la perception de l'exercice effectué. Une note de 3 correspondra à une perception de l'exercice comme étant « modéré », une note de 5 pour un exercice perçu comme « dur » une note de 7 « très dur » et une note de 10 comme étant équivalent « à la compétition la plus pénible jamais vécue » (Foster et al. 2001A). En conséquent, plus la note donnée sera élevée, plus l'effort sera perçu comme pénible.

Nous demandons aux joueurs de ne pas passer plus d'une minute pour renseigner la note. Ils doivent avoir le temps pour s'auto évaluer par rapport au travail fourni sans que cela soit trop long.

La note est renseignée entre 20 et 30 minutes après la fin de la séance (souvent après la douche). Si un joueur décide de faire du travail individuel en plus de la séance collective, il devra tout de même respecter ce *timing* avant de répondre. Le RPE est noté après chaque séance (entraînement basket ou musculation) et match (amicaux, à domicile, à l'extérieur) sans faute. Aucun joueur ne partage sa note avec un autre, ni avec le staff. Il n'échange pas non plus sur la note à retourner avec les autres. Pour remplir la note le joueur est à l'écart du groupe pour diminuer tout risque d'influence. Enfin, une période d'adaptation de 3 semaines est prévue afin que le sujet puisse apprendre à adapter sa note par rapport à son ressenti, son expérience passée et s'habitue au fait d'analyser la totalité de la séance.

6.4. Le protocole :

Pour cette étude nous avons décidé de récolter les données à partir du mardi 18 janvier 2022 jusqu'au dimanche 15 mai 2022, soit quatre mois de données.

Nous avons fait le choix de clôturer le relevé des données le 15 mai 2022 car il coïncide avec la fin du championnat de NM2.

Avant de débiter le protocole de relevé, un temps de présentation et d'explication ont été organisé avec le groupe. Nous avons reçu les coaches en premier durant les vacances de Noël afin de leur présenter les outils, le fonctionnement et les informations que nous allons récolter pour adapter les entraînements. Nous avons ainsi pu répondre à leurs différentes questions.

Nous avons également expliqué au staff qu'avant chaque séance nous devions connaître la durée prévue de celle-ci, ainsi que la note RPE souhaitée. Cela nous servait à calculer le s-RPE, la monotonie, la contrainte et l'EWMA prévisionnel. Nous utilisions ensuite le prévisionnel pour le comparer au vécu des sportifs afin d'ajuster nos interventions futures et la CT à venir. Cela se faisait sur un document à part où tout le staff avait accès. Les entraîneurs et préparateurs physiques avaient le choix de transmettre les notes de toute la semaine au début de celle-ci, ou séance par séance. Ils pouvaient également modifier les prévisions avant la séance.

Dans un second temps, le lundi 17 janvier 2022, une présentation des différents outils et du protocole a été réalisée auprès des joueurs. Nous avons au terme de cette réunion fait tester les outils par les joueurs, afin qu'ils aient une première expérience. Durant les 3 semaines qui ont suivi nous laissons remplir les joueurs, avant de faire un bref retour avec eux afin de s'assurer que les informations transmises correspondaient bien à leur ressenti. L'objectif était d'éviter les biais liés à la compréhension ou d'autres erreurs au moment de renseigner les réponses. Après les 3 semaines, les sportifs remplissaient seuls les outils et nous n'avions plus qu'un regard d'analyste.

La récolte des données s'effectue lors de toutes les séances d'entraînements (collectif, individuel, séances de musculation, séances de conditioning, séances de récupération), et lors des matchs (amicaux, championnats). Pour plus de précisions se référer à la présentation des outils dans la partie précédente.

Le SRSS ainsi que la notation relative aux zones douloureuses s'effectue quand les joueurs arrivent dans la salle avant de se changer, ou en sortant des vestiaires. Nous leur laissons le choix selon leurs habitudes pré-entraînement et selon le monde en attente au niveau de la tablette et des ordinateurs. Ils ont tout de même l'obligation de renseigner ces deux notes avant de débiter toute activité physique (même passive ou étrangère au basket). Un point

d'honneur est mis sur le fait de remplir les questionnaires avant de prendre part à la séance, même si le joueur arrive en retard.

Pour le RPE, celui-ci est à remplir à l'issue de la séance d'entraînement et des matchs. Au terme de la dernière activité physique (même passive), les joueurs remplissent le tableau de relevé en renseignant la date, le RPE, le type de séance (collective, individuelle...) et la durée totale de la séance (en minutes).

6.5. Méthodes :

Les indices ci-dessous ont déjà été présentés dans la partie « revue de littérature ». Nous repréciserons ici la formule utilisée, la fréquence de calcul des indices et les informations spécifiques à notre protocole.

6.5.1. Le s-RPE :

À partir du RPE nous calculons le s-RPE selon la formule de Foster (Foster. 1996) :

$$\text{Durée de la session (en minutes)} \times \text{Intensité de la session (RPE)} = \text{iTL (en UA)}$$

Le calcul de la charge s'effectue tous les jours et pour chaque séance. Nous additionnons les différents résultats s'il y a plusieurs séances pour avoir une CT journalière. De même, nous additionnons tous les jours de la semaine pour avoir une à la fin une CT hebdomadaire. Ce travail se fait pour chaque joueur. Si un joueur est blessé ou ne s'entraîne pas, nous notons un RPE de 0. Multiplié par le temps de la séance, la charge était nulle.

6.5.2. L'indice de monotonie :

L'indice de M est calculé une fois par semaine le jour du match à la formule suivante (Foster ? 1998) :

$$\text{M} = \text{Moyenne de la CT de la semaine} / \text{L'écart type de la CT} = \text{Ratio.}$$

Nous avons choisi de la calculer le jour du match afin d'avoir une vision globale de la semaine et pouvoir faire les ajustements lors de la semaine suivante.

6.5.3. L'indice de contrainte :

Comme pour l'indice de M, la C est calculée une fois par semaine le jour du match. Cela nous permet de faire un bilan de la semaine sur la CT vécue par le joueur et l'adapter la semaine suivante.

Le calcul se fait grâce à la formule suivante (Foster. 1998) :

$$C = CT \text{ de la semaine} \times \text{Monotonie} = \text{Contrainte (en UA)}.$$

6.5.4. L'EWMA :

Enfin, nous calculons tous les jours l'EWMA. Nous pouvons ainsi avoir un suivi au jour le jour de l'état de l'athlète. Nous pouvons alors ajuster la CT pour que l'athlète soit toujours dans le *sweet spot*. Nous avons fait le choix de calculer l'EWMA en utilisant la charge des 7 et 28 derniers jours, car les 7 jours correspondent à la durée d'un de nos mésocycles (une semaine de travail. D'un match à l'autre), et les 28 jours correspondent à la durée d'un cycle de travail (3 semaines de montée en charge progressive, puis une semaine de redescente : soit 28 jours). Lors des 4 premières semaines du protocole, nous ne regardons pas le ratio car il y a un temps de régulation. En effet, comme cet indice utilise les charges des jours précédents il faut attendre que le jour J0 ne soit plus pris en compte dans les calculs.

Nous utilisons la formule suivante (Menaspa. 2017 et Williams 2017) :

$$ACWR\text{-}EWMA = \text{Charge du jour} \times \lambda a + ((1-\lambda a) \times EWMA_{\text{hier}}) = \text{ratio}$$

$$\lambda a = 2/(N+1)$$

$$N = \text{Jour de la charge chronique (14, 21, 28 etc.)}$$

6.5.5. Autres indices calculés :

Trois autres indices sont utilisés en pratique sur le terrain mais ne figurent pas dans le mémoire :

- Il s'agit du PIR (*Performance Index Rating*) qui permet d'évaluer de façon statistique la performance des joueurs lors des matchs et d'émettre une note renseignant son efficacité. C'est un indicateur utilisé lors des rencontres européennes de basketball (différent de celui utilisé en NBA) qui utilisent les données présentes sur les feuilles de statistiques.

- Le deuxième outil est le schéma de localisation et l'échelle de cotation des douleurs présentées dans la partie « matériels et techniques de mesure ». Celle-ci nous sert davantage dans le cadre d'un suivi quotidien des sportifs mais ne fait pas appel à un traitement statistique.
- Le troisième outil est le SRSS (*Short Recovery Stress Scale*). Nous avons déjà présenté l'intérêt de cet outil, son fonctionnement et les interprétations à en tirer dans la partie « Matériel et méthodes ». Nous faisons le choix de ne pas traiter davantage cet outil dans ce mémoire pour diverses raisons. L'analyse du SRSS et des liens avec les autres indicateurs nous amènerait à dépasser de loin notre limite d'écriture. De plus, le travail nécessaire pour le calcul de chaque lien devrait se faire pour tous les joueurs afin d'avoir des résultats suffisamment fournis pour être pertinents. Il faudrait développer la réflexion autour de cet outil dans une autre étude pour pouvoir pleinement exploiter son contenu.

6.5.6. Fiche de rapport hebdomadaire :

Chaque lundi, je présente au staff un rapport hebdomadaire de la semaine précédente (Cf. annexe 9). Toutes les informations tiennent sur une fiche pour que ce soit concis et seuls les chiffres clés sont rapportés. Sur cette fiche le staff peut retrouver la charge moyenne de la semaine des joueurs, ainsi que leur EWMA respectif et la monotonie de l'équipe. On retrouve également la différence (en pourcentage) de CT entre la semaine précédente et la semaine S-2 (pour informer des pics et des creux de CT qu'il y a peut-être eu la semaine et des potentiels risques lors de la semaine à venir (Gabbett et al. 2010).

Un encart est également réservé pour noter les 3 points-clés de la semaine à venir (en terme de gestion de la CT et des joueurs) et les potentiels points d'attention à avoir.

7. Traitement statistique :

Nous avons réalisé le traitement statistique à l'aide du site *Anastats* et du logiciel *Excel 2019*.

Les résultats sont présentés sous la forme moyenne \pm écart type.

Au préalable, nous avons vérifié la normalité de la distribution des données que nous allions exploiter grâce au test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances grâce au test de Levene.

Par la suite nous avons réalisé des comparaisons entre les valeurs de nos joueurs et les données prévisionnelles émises par le coach pour ces mêmes joueurs. Les tests utilisés sont des tests appariés. Cette comparaison a été effectuées pour les données suivantes : « Charges de travail », « Monotonie », « Contrainte », « EWMA ».

Nous avons alors rencontré trois cas de figure :

- Pour les données qui répondaient positivement aux tests de normalité et d'homogénéité, nous avons utilisé le test de Student pour échantillon apparié.
- Pour les données qui ne répondaient pas aux conditions des tests de normalité et d'homogénéité, nous avons utilisé le test de Wilcoxon.
- Pour les données qui ne répondaient pas aux tests de normalité et d'homogénéité, mais qui contenaient plus de 50 données, nous avons utilisé par défaut le test de Student pour échantillon apparié. Nous n'avons pas pu utiliser le test de Wilcoxon car il nécessite d'avoir entre 5 et 50 données maximum.

Une alternative aurait été d'utiliser le logiciel R. Cependant, je ne suis pas en mesure d'utiliser ce logiciel actuellement et ne le possède pas.

Pour la comparaison entre la première moitié de valeurs et la seconde moitié de valeurs (données non appariées), nous avons procédé selon la même logique et avec les mêmes cas de figure que pour les données appariées.

- Pour les données qui répondaient positivement aux tests de normalité et d'homogénéité, un test de Student pour échantillon non apparié a été effectué.
- Pour les données ne répondant pas aux tests d'homogénéité et de normalité, un test de Mann et Withney.
- Enfin, pour les données qui ne répondaient pas aux tests de normalité et d'homogénéité mais qui étaient supérieures à un total de 51, un test de Student pour échantillon non apparié a été réalisé par défaut. La capacité maximale du test de Mann et Withney étant de 51 données maximum.

Une alternative aurait été d'utiliser le logiciel R. Cependant, je ne suis pas en mesure d'utiliser ce logiciel actuellement et ne le possède pas.

Un test de corrélation est ensuite réalisé entre les données de « Contrainte » et « d'EWMA ».

2 cas de figure se sont présentés à nous :

- Pour les données qui répondaient positivement aux tests de Shapiro-Wilk et de Levene, nous avons utilisé le test de Bravais-Pearson.
- Pour les données qui ne répondaient pas aux tests de normalité et d'homogénéité, nous avons dû également utiliser le test de Bravais-Pearson par défaut au lieu du test de Spearman. Il aurait fallu entre 5 et 31 données maximum. Nous en avons 90 par groupes. L'autre option aurait une nouvelle fois été d'utiliser le logiciel R.

8. Résultats :

Présentations des moyennes et écart type :

	Charge (en UA)	Monotonie (en points)	Contrainte (en UA)	EWMA (en points)
Moyenne ± Ecart type	263 ± 302	0,91 ± 0,3	1936 ± 1233	0,99 ± 0

	SRSS 1 (en points)	SRSS 2 (en points)	SRSS 3 (en points)	SRSS 4 (en points)
Moyenne ± Ecart type	4,2 ± 1,2	4,6 ± 1,2	4,6 ± 1,1	4,3 ± 1,0

	SRSS 5 (en points)	SRSS 6 (en points)	SRSS 7 (en points)	SRSS 8 (en points)
Moyenne ± Ecart type	1,9 ± 1,3	1,5 ± 1,3	1,3 ± 1,1	1,4 ± 1,1

Tableau 1 : caractérisation des données récoltées, présentation des moyennes et écart types.

Dans un premier temps nous présentons pour le groupe la moyenne ± écart type des données suivantes: « Charge de travail », « Monotonie », « Contrainte », « EWMA » et « SRSS ». Les données ci-dessus nous donnent une vue d'ensemble des paramètres évalués. Nous avons ici fait la moyenne des 10 joueurs pour chaque paramètre.

La limite de cette lecture empirique réside dans la perte d'objectivité qu'il existe à vouloir suivre le groupe dans sa globalité plutôt que de suivre la charge de chaque sportif par

exemple. Une lecture globale a pour effet de noyer l'information dans la masse et donc de perdre toute pertinence. Lors de l'analyse sur le terrain, nous n'utilisons pas cette lecture globale. Notre objectif est d'adapter la charge aux joueurs durant la saison, de suivre l'évolution individuelle de chacun et de se réajuster si besoin selon les résultats des indicateurs de chaque joueur.

Nous nous sommes ensuite posé la question de l'évolution de la précision de la prescription de la CT et de l'EWMA au fil de la saison, i.e., à savoir si la CT prévisionnelle (prescription) est plus proche de la CT réalisée en fin de saison comparée au début de saison (de même pour l'EWMA).

Sujets (N=10)	Indice de significativité lors de la comparaison des données entre les joueurs et le coach	
	Charge de travail	EWMA
1	0,0004	0,022
2	0,00007	1,56E-15
3	0,00038	2,12E-06
4	0,423	0,314
5	0,00046	0,000237
6	0,168	0,651
7	0,00188	0,0001
8	0,000821	0,006
9	0,00223	0,12
10	0,142	0,511
Nombre de joueurs avec une différence significative / Nombre total de joueurs	7/10	6/10

Tableau 2 : Indice de significativité lors de la comparaison des données entre les joueurs et le coach.

On peut noter grâce au tableau 2, une différence significative pour 7 joueurs sur 10 pour la CT et pour 6 joueurs sur 10 pour l'EWMA.

Nous avons donc exclu les joueurs 4, 6 et 10 du reste de l'analyse concernant l'évolution de la précision des indicateurs, car de notre point de vu le staff arrivait à prescrire la charge avec précision dès le début de l'année. Pour les autres une étude approfondie de l'évolution des indicateurs a été effectué.

Pour chaque variable présentée ci-dessous, nous comparerons le prévisionnel de l'équipe avec le réalisé du joueur 8 car il n'y a qu'un seul prévisionnel identique pour tout le groupe

Pour la suite de la présentation de nos résultats, nous avons donc décidé de présenter les résultats d'un des joueur (le sujet 8) en plus ceux du groupe.

Comparaison entre la CT réalisée et la CT prévisionnelle :

Charge prévisionnelle - Charge réalisée (N=119)	Moyenne ± écart type hebdomadaire pour l'équipe (en UA)	Moyenne ± écart type hebdomadaire pour le joueur 8 (en UA)	Moyenne ± écart type journalier (en UA)	p value	Significativité
	1840,6 ± 331,3	2145	306 ± 299	0,008	Différence significative

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre la charge prévisionnelle et la charge réalisée.

Le graphique visible en annexe 16 nous permet de percevoir les cycles de travail. Un pic étant égal à un mésocycle de travail d'une semaine. On voit ainsi l'évolution de la charge au fur et à mesure des mésocycles. On peut noter des évolutions importantes de la charge avec la présence de pics et de creux (plus de 10-15% de variation d'une semaine à l'autre) notamment entre les semaines 1-2, 3-4, 6-7, 7-8, 8-9, 11-12, 12-13, 13-14 et 15-16. On observe des évolutions de la CT avec des augmentations allant jusqu'à 270% et des diminutions de 65,8%. La CT moyenne pour l'équipe sur la période du protocole est de 1840.6 ± 331.3 AU et de 2145 UA pour le joueur 8. On peut donc percevoir des disparités entre les charges des joueurs. Le joueur 8 correspond à la troisième plus haute moyenne hebdomadaire (derrière 2245 et 2210 UA). Au total, 6 joueurs sont en dessous de 2100 UA / semaine.

Nous avons 119 jours de données concernant la CT. Ce nombre est valable pour tous les sujets de l'étude et représente 17 semaines de suivi. La CT moyenne par jour est 306 UA d'entraînement. Une moyenne dans le positif signifie que le coach a tendance à quoter plus que ce que le joueur ressent et inversement avec une moyenne négative. Un écart type de 299 UA s'explique par les jours avec deux entraînements et les jours de récupération sans entraînement. Sur la période, les valeurs prévisionnelles de CT sont significativement différentes des valeurs réalisées (p=0.008) (Cf. annexe 16). Sur le graphique, on peut noter un léger pic de la charge d'entraînement vécue tous les 7 jours (jour 15, 22, 30 et 36 par exemple) alors que la charge prévisionnelle est égale à 0. Cela correspond aux jours de matchs ou la charge ne peut pas être prévue à l'avance car elle dépend de beaucoup de paramètres incontrôlables.

Si l'on observe le graphique de l'annexe 16, on remarque que l'écart entre les courbes se réduit au fil des jours. Si on compare la première moitié de valeurs à la seconde moitié de valeurs, on

constate que les valeurs sont significativement différentes ($P < 0.86$). Au départ le prévisionnel avait tendance à être plus important que ce que vivait le joueur. Le staff surcotait l'effort des séances et l'impact sur le joueur. Les prévisions se régulent progressivement ensuite avec des courbes visuellement plus proches à partir du 50 jour.

Evolution dans le temps :

Charge prévisionnelle - Charge réalisée (N=826)	Moyenne ± écart type (en UA)	p value	Significativité
Partie 1 (N=413)	137 ± 301	0,0143	Différence significative
Partie 2 (N=413)	0,15 ± 262	0,329	Pas de différence significative

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre la charge prévisionnelle et la charge réalisée entre la 1^{er} et la 2nd partie du protocole et pour l'équipe.

Les CT des 7 joueurs représentent au total 826 données. Celles-ci ont été séparé en 2 blocs de 413 données. Un groupe pour la première partie du protocole et un groupe pour la seconde partie.

On peut noter une diminution de la moyenne des différences et de l'écart type entre la charge prévisionnelle et la charge réalisée avec le temps de $137,2 \pm 420$ UA. Elle reste tout le temps dans le positif. Le coach quote donc toujours plus que ce que le joueur ne ressent.

On remarque également un $p=0.0143$ en première partie de protocole. Il y a alors une différence significative entre la charge prescrite et celle ressentie. Et un $p=0.329$ en deuxième partie et donc pas de différence entre charge prescrite et ressentie. Donc une augmentation de la précision de la prescription.

Charge prévisionnelle - Charge réalisée (N=118)	Moyenne ± écart type (en UA)	p value	Significativité
Partie 1 (N=59)	58 ± 223	0,0008	Différence significative
Partie 2 (N=59)	-28 ± 210	0,062	Pas de différence significative

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre la charge prévisionnelle et la charge réalisée entre la 1^{er} et la 2nd partie du protocole et pour le joueur 8.

En isolant une nouvelle fois le sujet 8, le constat est similaire (Cf. annexes 17 et 18). Il y a une diminution de la moyenne des différences des charges de 86 ± 310 UA et la moyenne passe dans le négatif en deuxième partie de protocole. Le staff sous quotté alors l'effort par rapport à ce que le joueur ressentait.

Nous remarquons la même chose sur l'évolution de la significativité que pour le groupe. Une *p value* de 0.0008 puis de 0.062 est donc une différence significative puis plus de différence significative entre prescription et ressenti.

Comparaison entre la monotonie liée à la CT réalisée et la monotonie de la CT prévisionnelle :

Monotonie prévisionnelle – Monotonie réalisée (N=17)	Moyenne ± écart type pour l'équipe (en points)	Moyenne ± écart type pour le J8 (en points)	p value	Significativité
	0,92 ± 0,07	1 ± 0,21	0,01	Différence significative

Tableau 6: Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre la monotonie prévisionnelle et la réalisée.

La monotonie a été calculée une fois par semaine le samedi (jour de match), ce qui nous donne 17 données. Dans les deux cas, celle-ci se trouve bien en dessous des 2 qui sont déconseillées car étant facteur d'augmentation de l'incidence des blessures.

Il existe une différence significative à hauteur de $p=0.01$ entre la monotonie relevée sur le suivi du joueur 8 et celle qui résulte des charges prescrites.

On peut observer sur le graphique (Cf. annexe 19) que la monotonie du joueur 8 se trouve toujours au-dessus de celle prévisionnelle. Les deux seuls moments où le prévisionnel et le réalisé sont égaux tombent lors des périodes de trêves ou de faible charge d'entraînement (Cf. annexe 19).

Comparaison entre la contrainte résultant de la CT réalisée et la contrainte de la CT prévisionnelle :

Contrainte prévisionnelle – Contrainte réalisée (N=17)	Moyenne ± écart type pour l'équipe (en UA)	Moyenne ± écart type pour le joueur 8 (en UA)	p value	Significativité
	1935 ± 461	2249 ± 895	0,312	Pas de différence significative

Tableau 7: Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre la contrainte prévisionnelle et la réalisée.

Comme pour la monotonie, la contrainte a été calculée une fois par semaine le samedi (jour de match), ce qui nous donne 17 données. L'importance de l'écart type vient du fait qu'il y ait certains jours avec deux entraînements et d'autres sans entraînement. On se trouve bien en dessous des 3000 ou 4000 UA de contrainte évoquée par Foster en 1996.

Il n'y a pas de différence significative entre la contrainte relevée sur le suivi du joueur 8 et celle qui résulte des charges prescrites ($p=0,312$).

Cela même alors qu'on peut très clairement observer que le graphique (Cf. annexe 20) se découpe en deux parties. Une première partie jusqu'à la semaine 6 où les deux contraintes sont proches et suivent le même rythme de pics et de creux. Puis une seconde partie à partir de la semaine 7 où la contrainte du joueur 8 est quasiment exclusivement au-dessus du prévisionnel.

Comparaison entre l'EWMA lié à la CT réalisée et l'EWMA lié à la charge CT

:

EWMA prévisionnel - EWMA réel (N=90)	Moyenne ± écart type de l'équipe (en points)	Moyenne ± écart type du joueur 8 (en points)	p value	Significativité
	1 ± 0,1	0,99 ± 0,25	0,006	Différence significative

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre l'EWMA prévisionnel et le réalisé.

Quatre-vingt-dix ratios d'EWMA ont été calculés et utilisés lors de l'étude (valable pour tous les sujets de l'étude). La valeur moyenne d'EWMA durant les 14 semaines est de 1 ± 0.1 pour l'équipe et de 0.99 avec un écart type de 0.25 (14 semaines car les précédentes servent d'apprentissage pour les joueurs et également pour que l'outil ne prenne plus en compte l'EWMA de 0 du J-1). Les EWMA bas pour le joueur 8 (Cf. annexe 21) comme lors des jours 21 (EWMA de 0.39), ou 63 (EWMA de 0.43) s'expliquent par le fait qu'ils suivent les semaines de trêves moins chargées en entraînements (l'EWMA baisse). Inversement pour le pic du jour 67 (EWMA de 1.53) par exemple, qui survient en réaction au faible EWMA du jour 63. La montée brutale de la charge lors de la reprise des entraînements fait fortement grimper l'EWMA.

Sur le graphique on observe que l'EWMA du prévisionnel et celui du joueur 8 se suivent dans la majeure partie des temps. Il y a cependant deux zones où l'EWMA du joueur est supérieur à celui du prévisionnel (entre les jours 29 et 38, et 82 et 90), et une zone où il est inférieur à celui du prévisionnel (entre les jours 66 et 76).

Il y a une différence significative entre l'EWMA relevé sur le suivi du joueur 8 et celui qui résulte des charges prescrites ($p=0,006$).

Evolution dans le temps :

EWMA prévisionnel - EWMA réel (N=630)	Moyenne ± écart type (en points)	p value	Significativité
Partie 1 (N=315)	-0,106 ± 0,295	0,168	Pas de différence significative
Partie 2 (N=315)	-0,043 ± 0,232	0,724	Pas de différence significative

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre l'EWMA prévisionnel et le réalisé entre la 1^{er} et la 2nd partie du protocole et pour l'équipe.

Pour l'EWMA des 7 joueurs 630 données sont répertoriées. Celles-ci ont été une nouvelle fois séparé en 2 blocs de 315 données. Un groupe pour la première partie du protocole et un groupe pour la seconde partie.

On peut noter une augmentation de l'EWMA moyen entre la première et la seconde partie du protocole (+0,06 ± 0,37). Cependant, cette moyenne reste tout le temps négative, l'EWMA des joueurs étaient toujours en moyenne légèrement supérieurs à celle quottée par le staff.

On remarque un p=0,168 et un p=0,724. Il n'y a donc pas de différence significative entre l'EWMA venant des joueurs et celle venant du staff.

EWMA prévisionnel - EWMA réel (N=90)	Moyenne ± écart type (en points)	p value	Significativité
Partie 1 (N=45)	-0,109 ± 0,18	0,172	Pas de différence significative
Partie 2 (N=45)	0,003 ± 0,23	Wcrit407>Wobs059	Pas de différence significative

Tableau 10 : Tableau récapitulatif des indicateurs de comparaison entre l'EWMA prévisionnel et le réalisé entre la 1^{er} et la 2nd partie du protocole et pour le joueur 8.

Nous réalisons une nouvelle fois le comparatif avec le joueur 8 (90 données réparties en deux fois 45) (Cf. annexes 22 et 23).

On peut noter une augmentation de l'EWMA moyen entre la première et la seconde partie du protocole de 0.11 ± 0.31. Cela reste dans la tendance du groupe (bien que deux fois supérieur à l'augmentation du groupe). Elle repasse légèrement dans le positif (0.003). Le résultat est proche de 0, l'EWMA venant du staff est extrêmement proche de celle du joueur 8.

On remarque un p=0.172 puis un Wcritique supérieur au W observé. Il n'y a donc pas de différence significative entre l'EWMA venant du sujet 8 et celle venant du staff pour toute la durée du protocole.

Corrélation entre les indicateurs d'EWMA et de contrainte :

Nous avons observé une corrélation positive entre l'EWMA et la contrainte pour le joueur 8

(Cf. annexe 24). Il y a clairement une tendance montrant que l'augmentation de l'EWMA est corrélée à l'augmentation de la contrainte. La corrélation entre les deux indicateurs pour le joueur 8 est significative avec un $p=0.0000$ ($R=0.52$).

<i>N=11</i>	R	p value	Significativité
Joueur 1	0,62	0,0000	Significatif
Joueur 2	0,32	0,0012	Significatif
Joueur 3	0,51	0,0000	Significatif
Joueur 4	0,65	0,0000	Significatif
Joueur 5	0,65	0,0000	Significatif
Joueur 6	0,69	0,0000	Significatif
Joueur 7	0,54	0,0000	Significatif
Joueur 8	0,52	0,0000	Significatif
Joueur 9	0,59	0,0000	Significatif
Joueur 10	0,65	0,0000	Significatif

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des indicateurs de corrélation entre les indicateurs de contrainte et d'EWMA pour l'équipe.

Nous avons alors fait le choix de regarder si cette corrélation était statistiquement vérifiée pour tous les joueurs de l'effectif et pour le prévisionnel. La corrélation est significative pour les 10 joueurs et le prévisionnel avec un $p<0.002$.

9. Discussion, limites, perspectives :

Charges de travail :

La CT moyenne de l'équipe par semaine est de 1840.6 ± 331.3 UA. Ces résultats sont bien loin des 4000 – 7000 UA répertoriés pour l'équipe féminine de basket brésilienne (Nunes et al. 2014), des 7049 ± 1261 UA et 8214 ± 2612 UA de la sélection nationale U18 (Arede et al. 2022) ou des 3250 UA de l'équipe nationale Italienne (Lupo et al. 2017). La différence avec les études Nunes et al. (2014), de Arede et al. (2022 et de Lupo38), peut en partie venir du fait que le niveau d'exigence et de contrainte physique lors des entraînements et des matchs est

important entre une équipe de niveau nationale et une sélection nationale. De plus, les protocoles de ces 3 études sont établis sur une plus courte période qui représente la durée d'un stage de sélection. Lors de ces stages, la CT est bien plus élevée car le but est souvent d'allier CT importante et période de « *tapering* » pour augmenter la surcompensation. Pour une équipe sénior évoluant en Euroleague la CT moyenne par semaine est de 3334 ± 256 UA (Manzi et al. 2010). On peut noter que cela se rapproche davantage de nos données car la récolte des données s'est faite sur la saison, mais que la différence d'UA reste tout de même conséquente car cette équipe évolue 5 divisions au-dessus.

Un niveau de charge est considéré faible au football quand celle-ci se situe en dessous de 1500 UA par semaine (Malone et al. 2017). Pour un niveau élite au basketball, la CT moyenne se trouve entre 2255 et 5058 UA (Conte et al. 2018, Manzi et al. 2010). Il ne faut donc pas que l'on diminue davantage la charge, cependant, nous avons encore la possibilité d'augmenter celle-ci. L'intervalle de CT est propre à chaque niveau, à chaque sport et à chaque environnement (Foster. 1996, Foster et al. 1998 et Foster et al. 2001A). Il convient donc de trouver la borne plus et la borne moins ou l'équipe sera la plus performante tout en ayant le moins de blessures et de complications.

La CT moyenne par jour lors du protocole est de 306 ± 299 UA. Comparée à des basketteurs de niveau international (évoluant notamment en Euroleague), la charge moyenne par jour est inférieure de 132 UA : 391 ± 137 UA (Svilar et al. 2018). Cela peut s'expliquer par la différence d'intensité dans le jeu entre les deux niveaux et par la fréquence d'entraînement (biquotidienne) plus importante pour les internationaux. On peut également observer une différence avec des joueurs de sélections nationale, qui enregistre une CT moyenne par jour de 542 ± 227 UA (Lupo et al. 2016). Cette différence peut venir du fait que lors des stages de sélections, deux entraînements par jour et des matchs amicaux (1 par semaine) sont mis en place. De plus, dans le protocole, Lupo explique que l'objectif était de majorer la CT lors des deux semaines enregistrées (deux semaines de durée de stage), avant une période de « *tapering* » (baisse drastique du volume d'entraînement) pour bénéficier des effets de surcompensation.

Un de nos objectifs été de vérifier grâce au suivi de la CT si les cycles de travail étaient visibles, s'ils étaient ressentis par les sportifs et s'il y avait une progressivité de la CT entre les semaines. En observant le graphique du joueur 8 (Cf. annexe15) et du reste du groupe (Cf. annexe 16), on peut observer une variation de la CT d'une semaine à l'autre. Nos cycles de travail (4 semaines) ne sont cependant qu'en partie visible. En sachant que l'on à gagner en précisons dans la cotation du prévisionnel et donc que les charges sont proches de ce que voulait le staff, on peut

en déduire qu'il y a une erreur lors de la prescription de la CT par le staff ou un facteur externe qui influence notre joueur. De plus, la notion de progressivité dans la prescription n'est pas bonne non plus. Nous sommes loin de la variation de la CT de 10% par semaine conseillée par Gabbett et al. en 2010. On observe 9 semaines avec des variations supérieures à 15% et donc un taux d'incidence de blessure de plus 20% pour les semaines suivantes (Gabbett et al. 2010). Evidemment, les 10% sont un indicateur et non un chiffre exact (Gabbett et al. 2017). Dans notre contexte où la CT par semaines est faible, l'excès de plus de 10% a moins d'impact sur le taux d'incidence de blessure que si nous avions 5000 UA de CT.

Monotonie :

On retrouve ensuite un niveau de M pour l'équipe de 0.92 et de 1 pour le joueur 8. Dans les deux cas, on se retrouve bien en dessous des 2 points de M conseillée par Foster et al. 2001. Il y a donc théoriquement moins de risques de blessures et de maladies liés à la variation de la charge (Foster. 1998, Haddad et al. 2017).

Contrainte :

À propos de la C, le niveau moyen pour le groupe est de 1935 ± 461 UA et de 2249 ± 895 UA pour le joueur 8. On se retrouve dans les deux cas bien loin des 3000 ou 4000 UA de C dont parle Foster en 1998 comme étant une limite élevée. Cela s'explique par le fait qu'il s'intéresse lors de ses études à des sportifs d'endurance et non à des sportifs collectifs. Peu d'étude s'intéresse à la C en sport collectif et au basketball, d'où le manque de références pour comparer.

Ce constat va dans la continuité de celui sur la CT montrant que l'on pourrait davantage augmenter les charges. Une nouvelle fois, il faudrait les augmenter afin de trouver les bornes où les sportifs sont performants sans augmenter déraisonnablement les risques de blessure, maladies etc.

EWMA :

L'EWMA moyen de l'équipe durant la période du protocole est de 1 ± 0.1 et de 0.99 ± 0.25 pour le joueur 8. Selon une majorité d'auteurs, un EWMA de 1 ou de 0,99 correspond à un ratio se situant dans le *sweet spot* (Blanch et Gabbett. 2016, Gabbett. 2016, Malone. 2017 et Delacroix. 2018). La seule exception se retrouve avec Murray (2017) qui estime que 1 est la limite basse du *sweet spot*. On peut cependant noter que nos résultats sont identiques à ceux de Sansone et al. de 2018, qui lors de son étude sur 11 joueuses féminines de niveau régional,

avait également calculé un EWMA de 1 ± 0.1 . La question se pose cependant sur le fait que nos joueurs de niveau national se retrouvent avec un EWMA identique et une CT moyenne seulement supérieure de 279 UA (1840 UA pour nous et 1561UA pour les féminines) avec une équipe féminine régionale. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette situation. La première est que lors de la présaison le travail de fond (des qualités fondamentales comme le travail de la capacité aérobie, la progressivité de la charge etc.) n'a pas été respecté au profit d'un nombre de matchs amicaux importants qui ont entamé la fraîcheur des joueurs et nous ont empêché de les préparer convenablement. La haute fréquence de ces matchs nous a forcés à davantage gérer le niveau de forme, plutôt que le travail relatif aux qualités physiques souhaitait. Cela impacte alors la deuxième partie de saison où intervient le protocole car les sportifs ne sont plus suffisamment en forme pour pouvoir appliquer une CT importante. De plus, le protocole n'avait pas encore débuté à ce moment et aucune donnée de la présaison ne sont disponibles. La conséquence directe est que les sportifs ne sont plus en état de forme et qu'ils sont pour certains en détresse mentale (épuisement mentale dû au manque de fraîcheur, repos etc.). La deuxième raison se trouve être que le staff n'a pas adapté les CT par rapport au ratio EWMA. Malgré une CT faible et un ratio d'EWMA faible le staff n'a pas souhaité augmenter la CT hebdomadaire. Cela explique ainsi que les deux indices soient équivalents à ceux d'un niveau régional.

Weiss et al (2017) dans leur étude sur un public de basketteurs, mettent en avant le fait que dans le groupe de sujets, les joueurs les plus touchés par les blessures été ceux avec un ratio inférieur à 0.5, se situant entre 0.5 et 0.99 et au-dessus de 1,5. Ces joueurs ont été blessés en moyenne 1,5, 1,4 et 1,7 fois plus que le reste du groupe. Cinq joueurs ont un ratio égal ou inférieur à 0.99. Il sera intéressant dans une future étude d'analyser si les observations de Weiss et al. de 2017 se retrouvent également pour nous concernant les blessures.

Cependant, Weiss et al. (2017) ajoutent également que 36% des blessures de l'équipe se sont produites sur des joueurs ayant un EWMA dans le *sweet spot*. Cela met en avant deux choses : la première est que le *sweet spot* n'est pas synonyme de 0 risque. La deuxième est que le ratio conseillé pour un joueur ne sera peut-être pas le même que pour un autre. Comme pour la CT il convient alors de trouver l'intervalle d'EWMA où le joueur sera le plus performant sans jamais se blesser (même s'il excède parfois les 1,5 conseillés) en prenant en compte le contexte, l'environnement, les critères individuels et le niveau où il évolue (Bouchard et al. 1999, Gabbett. 2016, Saw et al. 2016 et Jones et al. 2017). Les chiffres et données avancées par les autres auteurs sont donc à replacer dans leur contexte d'étude et à ne pas.

Comparaison entre le prévisionnel et le vécu au fil du temps :

Pour la CT et l'EWMA nous avons voulu observer l'évolution de relation entre charge prescrite et vécue, afin de voir si au fil du temps le staff arrivait à mieux estimer la réponse des joueurs à l'activité prescrite.

L'objectif est de ne pas obtenir de différence significative. Le cas échéant, cela voudrait dire qu'il y a une différence entre la prescription du staff et la réalisation des joueurs, démontrant l'imprécision du staff à prescrire le travail à effectuer.

Concernant la CT, on observe une évolution positive dans le temps de la précision de l'estimation. En effet, il y a une diminution de la différence entre le prévisionnel et le vécu de -137 ± 420 UA pour l'équipe. On passe également d'une différence significative entre les deux notations avec un $p=0.0143$ à un état sans différence significative avec un $p=0.329$. Cela traduit une adaptation des notes du prévisionnel. Le staff a réussi à quotter plus précisément les situations d'entraînement en prenant en compte les retours des sportifs. On était alors capable d'anticiper la planification et la répartition de la CT en s'attendant à ce que le sportif vive les séances de la même façon que nous l'avions estimé. Cela nous permet d'être plus précis lors de l'observation de l'état de forma d'un sportif (si la note diffère trop de celle du staff).

La même observation est faite si on isole notre sujet 8. Il passe d'une différence significative entre sa notation et celle du staff avec un $p=0.0008$, à un statut sans différence significative avec un $p=0.062$ et avec une diminution de la différence de -86 ± 310 UA pour la CT. Le staff est donc devenu plus juste dans la notation en étant davantage en adéquation avec les joueurs.

Concernant l'EWMA, aucune différence significative n'est observable durant la totalité du protocole. Le p durant la première période est de 0.168, puis de 0.724. De plus, le staff arrive à estimer de mieux en mieux les séances, car la différence moyenne entre les deux ratios diminue en passant de -0.106 à -0.043. Si on croise cette donnée avec le fait que le ratio d'EWMA moyen sur la période est de 1 et que le *sweet spot* s'étend jusque 1,3 (Blanch et Gabbett. 2016 et Gabbett. 2016), on peut en conclure que le staff pourrait augmenter la CT appliquée pour atteindre les 1,3.

Le prévisionnel est donc à mon sens capital car il permet d'accorder le ressenti du staff avec celui des joueurs pour mieux préparer la planification, anticiper les fluctuations de charges nécessaires et suivre l'évolution des sportifs en cas de divergences importantes et durables de leurs notes.

Corrélation entre EWMA – contrainte :

Un lien de corrélation positive a pu être démontré entre l'EWMA et l'indice de contrainte pour le joueur 8 avec un p significatif à 0.0000. Cette relation se retrouve avec tous les autres joueurs du groupe, avec un p significatif <0,002. Le lien suivant peut donc être établie : quand l'EWMA augmente, la C le fait également et inversement.

Cette relation entre les deux facteurs pourrait nous amener par la suite à ne plus avoir l'indicateur de contrainte dans notre document de suivi des joueurs. Nous garderions alors l'indice de M pour évaluer la variation de la charge et l'EWMA pour évaluer l'évolution du ratio dans le temps. Je ferais le choix de ne pas conserver l'indice de C car l'EWMA peut prendre en compte dans son calcul une temporalité de séances plus importante (14, 21, 28, 42 jours) (Menaspa et al. 2017 et Murray et al. 2017). De plus, le nombre d'études importantes réalisées entre l'EWMA et les liens avec les risques de blessures, maladies (Jones et al. 2017 et Murray et al. 2017) me permet d'avoir une base de données et de comparaison.

Limites et perspectives :

Pour commencer, parlons des biais. Pour les sportifs professionnels, nous avons pu contrôler la quasi-totalité de l'exercice physique qu'ils faisaient. Pour les 3 sujets semi-professionnel, leur pratique professionnelle a pu influencer les résultats lors du remplissage des tests (le travail entrant en compte dans la perception de la charge d'entraînement). Nous n'avons pas de contrôle sur ce paramètre bien que nos outils aient également pour intérêt de prendre ces facteurs en compte. Pour le sujet étudiant en STAPS, nous n'avons pas pu contrôler sa pratique sportive universitaire ni la monitorer. Nous avons alors eu un œil attentif lors de son suivi et de la lecture de ses résultats.

Pour aucun des sportifs nous n'avons eu de contrôle sur leur alimentation, leur récupération passive ou leur sommeil. Etant à un niveau semi-professionnel, notre « contrôle » sur ces différents facteurs est relativement limité.

Un autre biais est lié à la méthode des ASMR (*Auto Self Report Measures*) (Edwards et al. 2018) comme le RPE ou le SRSS. Le fait d'utiliser ce type d'outil sous-entend forcément que l'on risque d'avoir certains résultats biaisés car la qualité de l'évaluation dépend de l'honnêteté des joueurs qui peuvent les manipuler (Saw et al. 2015). Lors des jours de match on a pu constater que les notes du SRSS avaient davantage tendance à être proche de 5 – 6 ou de 0 – 1 selon les items. Et cela même si la veille les notes étaient à l'opposé. Il en est de même pour le relevé des douleurs. Nous n'avons hélas pas de contrôle.

De plus, Haddad et al. en 2017, mettent avant le fait qu'il existe toujours une différence entre le prévisionnel du coach et ce que vivent les joueurs. Il n'est donc pas possible, surtout dans un sport collectif comme le basket (avec un groupe de 12 joueurs), d'avoir une cotation identique entre le staff et les sportifs. Cela peut s'expliquer par le fait que la performance est un phénomène plurifactoriel et que ces différents facteurs l'influencent par conséquent l'évaluation.

Ensuite, une autre limite de notre étude est que nous n'étudions ici que la iTL. Aucun de nos outils ne quantifié la eTL. Il y a donc logiquement tout un pan de la CT qui n'a pas pu être prise en compte et étudié. Nous n'avons qu'une vision partielle de la performance de nos sportifs (Murray et al. 2017 et Svilar et al. 2020). L'objectif par la suite serait d'instaurer un contrôle de la eTL (Fox et al. 2017) grâce à l'analyse d'autres marqueurs comme : la fréquence cardiaque et aux modèles associés (TRIMP, SHRZ etc.) et en quantifiant différemment le travail effectif lors de séances de musculation (Svilar et al. 2020). Les autres outils de quantification comme les micro technologies ou la *motion capture* sont des procédés trop onéreux à ce niveau (Fox et al. 2017).

Nous avons également rencontré une limite lors de l'analyse statique. En effet, les données analysées et représentées parfois plus de 800 données d'un seul coup. Or, les logiciels de calcul dont je disposais ne permettait pas de traiter autant de donnée. Comme précisé dans la partie « traitements statistique », nous avons utilisé d'autres outils. Dans l'idéal, nous aurions dû faire appel au logiciel « R ». Cependant, il nécessite des qualités de codage et de calcul dont je ne dispose pas. Refaire les calculs avec ce logiciel pourrait surement apporter davantage de précision.

Par la suite, je souhaite réaliser un travail avec l'outil du SRSS. A l'heure actuelle il n'y a pas d'étude sur le SRSS dans le basket. Il existe quelques études sur le tennis, le canoë ou le football (Wiewelhove et al. 2016, Kölling et al. 2016 et Pelka et al. 2018). Mon objectif serait d'utiliser celui-ci pendant plusieurs saisons afin d'étudier si des tendances se dégagent chez les basketteurs. De plus, j'aimerais essayer d'approfondir le travail de cette année en étudiant différents liens de corrélation entre le SRSS et le s-RPE, l'EWMA ou encore avec le taux d'incidence des blessures/maladies.

Une perspective applicable dès la saison prochaine est de débiter le relevé des données de quantification et de qualification de la charge dès la reprise de la présaison afin d'avoir une vision globale sur l'année entière. Cela en ajoutant la mise en place d'un historique des blessures des joueurs afin d'analyser les liens entre les indicateurs.

De plus, l'analyse effectuée pour le joueur 8 ici devra être généralisée au reste du groupe afin d'avoir un maximum d'éléments d'analyse pour adapter la CT.

Enfin, les outils ne seront plus tous à renseigner tous les jours. Pour éviter un phénomène de lassitude chez les joueurs ou les jours ou les données sont biaisées (comme les jours de match ou les joueurs ont tendance à « truquer » les résultats), nous essaierons de faire passer les outils lors des jours clés de la semaine (par exemple à J+1 du match, à J+3 et J-1). Seule le RPE et la localisation des douleurs resteront quotidiens.

10. Conclusion et applications terrain :

Dans cette étude nous avons proposé et testé un protocole dans un contexte semi-professionnel chez des basketteurs de niveau nationaux. Une gestion adéquate de la CT est un élément central lors de toutes les phases de la saison (Drew et Finch, 2016), et le suivi de la façon dont cette charge imposée affecte les joueurs pourrait aider à la prise de décision dans la suite du processus d'entraînement (Piedra et al., 2021).

Suite aux résultats présentés précédemment, nous sommes capables de répondre aux hypothèses et à la problématique évoquée en début d'étude :

Nous sommes aujourd'hui capables de valider l'hypothèse et répondre positivement à la question : « Le protocole proposé nous permet de suivre l'évolution des charges et des joueurs au fil des cycles de travail ? ». Le s-RPE ainsi que l'EWMA et les autres indicateurs nous donnent en effet toutes les informations nécessaires pour suivre la CT et les cycles de travail. Ils sont également capables de mesurer les fluctuations de la charge au cours du temps et donc nous permettent de suivre les cycles de travail mis en place.

Ensuite, à la question : « Y a-t-il une harmonisation progressive des charges prescrites par le staff avec celles ressenties par les joueurs? », nous sommes également capables d'y répondre positivement. L'étude de l'évolution de la comparaison de la CT et de l'EWMA entre la prescription et le vécu, à montrer que le staff arrivait progressivement à mieux quotter les séances et à se rapprocher du ressenti des joueurs.

Enfin, nous sommes aussi capables de dire quelles améliorations sont à effectuer pour affiner le protocole la saison prochaine. Dans un premier temps, nous ne ferons plus passer le SRSS à chaque séance, mais uniquement lors des séances à J+2, J+4 et J-1 du match. L'objectif sera de diminuer l'effet de lassitude et les résultats biaisés. Seul la cotation/localisation des douleurs et le RPE seront obligatoires à chaque séance/match. De plus, nous ferons le choix de ne plus prendre en compte la C comme indicateur de notre rapport hebdomadaire, car l'EWMA est un reflet de cette variable qui nous fournira davantage d'indications. Enfin, nous augmenterons la CT des joueurs afin de faire monter l'EWMA pour trouver progressivement quel ratio correspond à la borne la plus haute (nous chercherons aussi la borne minimale), pour que nous puissions tirer un maximum des sportifs sans risquer de les blesser. Un suivi des blessures verra également le jour pour croiser les données. Enfin le rapport hebdomadaire sera modifié en conséquence (Cf. annexe 25)

11. Bibliographie :

Articles scientifiques :

Akenhead R and Nassis G.P (2016) Training load and player monitoring in high-level football : current practice and perceptions *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **11**, 587-593 ; <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>

Arede J, Freitas T.T, Johnson D, Fernandes J.F.T, Williams S, Moran J and Leite N (2022) Training load, maturity and future national team selection in national youth basketball team *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* , **7**, 21. <https://doi.org/10.3390/jfmk7010021>

Arnason A, Stefan P.T, Sigurdsson B, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L and Bahr R (2004) Risk factors for injuries in football *The American Journal of Sports Medicine* : **32** : 5
DOI: 10.1177/0363546503258912

Banister E.W, Calvert T.W, Savage M.V and Bach T. (1975) A systems model of training for athletic performance. *Austr J Sports Med Exerc Sci.* ; **7** : 57–61.

Banister, E. W. H. Green, J. McDougal, H. Wenger (1991). “Modeling elite athletic performance,” in *Physiological Testing of Elite Athletes*, eds *Human Kinetics*, 403–24.

Bartlett J.D, O’Connor F, Pitchford N, Torres-Ronda L and Robertson S.J (2017) Relationships between internal and external training load in team-sport athletes : evidence for an individualized approach. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **12(2)**, 230-234.

Berkelmans D, Daldo V.J, Kean C.O, Milanovic Z, Stojanovic E, Stojijilkovic N and Scanlan (2017) Heart Rate monitoring in basketball : application, player respons, and practical recommendations *Journal of Strength and Conditioning Research Publish Ahead of Print* DOI: 10.1519/JSC.0000000000002194

Blanch P and Gabbett TJ (2016) Has the athlete trained enough to return to play safely ? The acute :chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Journal of Sports Med.* **50** : 471-475.

Bourdon, PC, Cardinale, M, Murray, A, Gatin, P, Kellmann, M,Varley, MC, (2017) Monitoring athlete training loads: Consensusstatement. *Int J Sports Physiol Perform* **12**: S2161–S2170.

Borg, G. (1962). Physical Performance and Perceived Exertion.

Borg G, Ljunggren G and Ceci R (1985) The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer *European Journal of Applied Physiology* **54** : 343-349 DOI: 10.1007/BF02337176 .

Borresen J et Lambert M.I (2008) Quantifying training load : a comparison of subjective and objective methods. *Int J of Sport Physiology and performance* **3**, 16-30.

Borresen J and Lambert M.I (2009) The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med.* ;**39(9)** : 779–795 doi:10.2165/11317780-000000000-00000

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 Vo₂max response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *Journal of applied physiology*, **87**,1003-1008.

Bourdon P.C, Cardinale M, Murray A, Gatin P, Kellmann M, Varley M.C, Gabbett T.J, Coutts A.J, Burgees D.J Gregson W and Cable N.T (2017) Monitoring athlete training loads : consensus statement *Journal of Sports Physiology and Performance*, **12**, S2-161-S2-170 <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>

Brooks J.H.M, Fuller C.W, Kemp S.P.T and Reddin D.B (2005) Epidemiology of injuries in English professional rugby union : part 1 match injuries *British Journal Sports Med.* **39** : 757-766 doi: 10.1136/bjism.2005.018135

Buccheit M (2015) Sensitivity of monthly heart rate and psychometric measures for monitoring physical performance in highly trained young handball players. *Int J of Sports Medicine*, **36** : 351-356.

Budgett R (1998) Fatigue and underperformance in athletes : the overtraining syndrome *Journal of Sports Medicine* **32** : 107-110

Buist I, Bredeweg S.W, van Mechelen W, Lemmink K.A.P.M, Pepping G-J and Diercks R.L (2008) No effect of a graded training program on the number of running-related injuries in novices runners *American Journal of Sports Medicine* **36** :1 DOI: 10.1177/0363546507307505

Clarke, N., Farthing, J. P., Norris, S. R., Arnold, B. E., and Lanovaz, J. L. (2013). Quantification of training load in Canadian football: application of session- RPE in collision-based team sports. *J. Strength Cond. Res.* **27**, 2198–2205. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827e1334

Conte D, Kolb N, Scanlan A.T, Santolamazza (2018) Monitoring training load and well-being during the in-season un NCAA. *International Journal of Sports Physiology and Performance* **13** : 1067-1074 <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0689>

Coutts A, Reaburn P, Murphy A, Pine M and Impellizzeri F.M (2003) Validity of the session-RPE method for determining training load in team sport athletes *Journal of Science and Medicine in Sports* **6** : 525

Coutts A, Wallace L and Slatery K (2004) Monitoring training load *Sports Coach*, 27-31

Coutts A.J, Slatery K.M and Wallace L.K (2007) Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. *Journal of Science and Medicine Sports*, **10** ;372-381.

Coutts A.J, Reaburn P (2008) Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. *Percept Mot Skills* ;**106**:904–16.

Cross MJ, Williams S, Trewartha G, (2015) The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union. *Int J Sports Physiol Perform.*

Delecroix B, McCall A, Dawson B, Berthoin S, Dupont G (2018) Workload and non-contact injury incidence in elite football competing in European leagues. *European Journal of Sport Science*.

Drew M.K, Cook J and Finch C.F (2016) Sports-related workload and injury risk : simply knowing the risks will not prevent injuries : Narrative review *Journal of Sports Medicine* **50** : 1306-1308 doi:10.1136/bjsports-2015-095871

Drew M.K and Finch C.F (2016) The relationship between training load and injury, illness and soreness : a systematic and literature review *Sports Medicine* **46** : 861-883 DOI 10.1007/s40279-015-0459-8

Drust B, Reilly T, and Cable N.T (2000) Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of Sports Sciences* **18** : 885–892.

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.

Edwards T, Spiteri T, Piggott B, Bonhotal J, Haff G.G et Joyce C (2018) Monitoring and managing fatigue in basketball *MDPI* 6,19 ; doi:10.3390/sports6010019

Ekstrand J, Häggglund M and Waldén M (2011) Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer) *The American Journal of Sports Medicine* doi:10.1177/0363546510395879

Feu, S, Carrillo, A, Fuentes Azpiroz, M, Refoyo Román, I, and Calleja-González, J. (2015) Perception of effort in minibasketball during small side games. *Rev Psicol Deporte* 24: 21–25.

Fleck J (1999) Periodized strength training : a critical review *Journal of Strength and Conditioning Research* **13(1)** : 82-89.

Foster C, Hector L.L, Welsh R, Schrager M, Green M.A and Snyder A.C (1995) Effects of specific versus cross-training on running performance *Eur J Appl Physiol* **70** : 367-372

Foster C, Daines E, Hector L, Snyder A.C and Welsh R (1996) Athletic performance in relation to training load *Wisconsin Medical Journal*

Foster C (1998) Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.

Foster C, Florhaug J.A, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin L.A, Parker S, Doleshal P and Dodge C (2001A) A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. **15(1)**, 109-115.

Foster C, Helmann K.M, Esten P.L, Brice G, and Porcari J.P (2001B) Differences in perceptions of training by coaches and athletes. *SASMA* **8** : 3–7

Fox J.L, Scalan A.T and Stanton R (2017) A review of player monitoring approaches in basketball : current trends and future directions *Journal of Strength and Conditioning Research*
DOI: 10.1519/JSC.0000000000001964

Gabbett T.J (2004) Reductions in pre-season training loads reduce training injury rates in rugby league players **38** : 743-749 ; doi: 10.1136/bjism.2003.008391

Gabbett T.J and Domrow N (2005) Risk factors for injury in sub-elite rugby league players. *Am J Sports Med.* ; **33(3)** : 428–434 doi:10.1177/0363546504268407

Gabbett T.J and Domrow N (2007) relationship between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes *Journal of Sports Sciences* ; **25(13)**: 1507 – 1519

Gabbett T.J (2010) The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes *National Strength and Conditioning Association* **24(10)** : 2593-2603.

Gabbett T.J (2015) The training – injury prevention paradox : should athletes be training smarter and harder ? *Journal of Sports Med.* **50** : 273-280.

Gabbett T.J (2016) The training-injury prevention paradox : should athletes be training smarter and harder ? *Journal of Sports Medicine* **50** : 273-280 doi:10.1136/bjsports-2015-095788

Gabbett T.J, Nassis G.P, Oetter E, Pretorius J, Johnston N, Medina D, Rodas G, Myslinski T, Howells D, Beard A and Ryan A (2017) The athlete monitoring cycle : a practical guide to interpreting and applying training monitoring data *Br J Sports Med* **51** : 20

Gabbett T.J (2018) Debunking the myths about training load, injury and performance : empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners *Journal of Sports Medicine*

Gabbett T.J, Hulin B, Blanch P, Chapman P, Bailey D (2019) To couple or not couple ? For Acute :Chronic workload ratios and injury risk, does it really matter ? *International Journal Sport Med.* **40** :597-600.

Gallo T.F, Cormack S.J, Gabbett T.J and Lorenzen C.H (2017) Self-reported wellness profiles of professional Australian football players during the competitive phase of the season. *Journal of strength and conditioning research*, **31(2)** : 495-502.

Garcin M (2002) Utilisation des échelles de perception dans le contrôle de la charge d'entraînement. *Les Cahiers de l'INSEP*. n°**33**, pp. 267-274.

Grappe F, Gros Lambert A, Beaulieu C, Rouillon J-D (2002) Quantification subjective de la charge d'entraînement en cyclisme. *Les Cahier de l'INSEP*. n°**33**, pp.275-281.

Haddad M, Stylianides G, Djaoui L, Dellal A and Chamari K (2017) Session-RPE method for training load monitoring : validity, ecological usefulness, and influencing factors *Front. Neurosci.* **11**:612. doi: 10.3389/fnins.2017.00612

Halson S.I (2014) Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Med.* **44**, S139-147 DOI 10.1007/s40279-014-0253-z

Heck A.L, Barroso C.S, Callie M.E and Bray M.S (2004) Gene-nutrition interaction in human performance and exercise response *Nutrition*, **20(7-8)**, 598-602

Herman L, Foster C, Maher M.A, Mikat R.P, Porcari J.P (2006) Validity and reliability of the session-RPE method for monitoring exercise training intensity. *South African J of Sports Medicine* **18(1)**, 14-7.

Hulin B.T, Gabbett T.J, Blanch P (2018) Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *Br J Sports Med* ;48:708–12.

Impellizzeri F.M, Rampinini E, Coutts A.J, Sassi A and Marcora S.M (2004) Use of RPE-based training load in soccer *Medecine and science in sports and exercise* DOI: 10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F

Jones A.M and Carter H (2000) The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine* **29(6)** ; 373-386.

Jones C.M, Griffiths P.C and Mellalieu S.D (2017) Training load and fatigue marker associations with injury and illness : a systematic review of longitudinal studies *Sports Med.* **47** : 943-974 DOI 10.1007/s40279-016-0619-5

Kellmann M, Kallus K. (2001) Recovery-stress questionnaire for athletes: user manual. *Human Kinetics*.

Kenttä G and Hassmén P (1998) Overtraining and recovery: a conceptual model. *Sports Med.* **26** : 1–16

Laux P, Krumm B, Diers M and Flor H (2015) Recovery-stress balance and injury risk in professional football players : a prospective study *Journal of Sports Sciences* **33** : 20, 2140-2148 DOI: 10.1080/02640414.2015.1064538

Lehmann M, Foster C and Keul J (1993) Overtraining in endurance athletes : a brief review *Journal of Medicine and Science in Sports and Exercise* **25(7)**, 854-862

Lamberts R.P, Rietjens G.J, Tjink H.H (2010) Measuring submaximal performance parameters to monitor fatigue and predict cycling performance: a case study of a world-class cyclo-cross cyclist. *Eur J Appl Physiol* ;**108**:183–90.

Lupo C, Capranica L, and Tessitore A. (2014). The validity of the session-RPE method for quantifying training load in water polo. *Int. J. Sports Physiol.Perform.* **9**, 656–660. doi: 10.1123/ijsp.2013-0297

Lupo C, Tessitore A, Gasperi L and Mar G (2016) Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training session

Lupo C, Tessitore A, Gasperi L and Gomez M. (2017) Session-RPE for quantifying the load of different youth basketball training sessions. *Biol. Spor* , **34**, 11–17.

Main L, Grove JR. (2009) A multi-component assessment model for monitoring training distress among athletes. *Eur J Sport Sci* ;**9**:195–202.

Malone S, Owen A, Newton M, Mendes B, Collins K, Gabbett TJ. (2017) The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *J Sci Med Sport* ; 20: 561–565

Mann T.N, Lamberts R.P et Lambert M.I (2014) High responders and low responders : factors associated with individual variation in response to standardized training. *Sport Medicine*, **44(8)**, 1113-1124.

Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., and Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **24**, 1399–1406. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d7552a

Martin D. T and Andersen M.B (2000) Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **40** : 201–208.

Macarthur D.G and North K.N (2005) Genes and humane lite athletic performance *Human Genetics* **116(5)**, 331-339.

McGuigan, M. R., and Foster, C. (2004). A new approach to monitoring resistancetraining. *Strength Cond. J.* 26:42. doi: 10.1519/00126548-200412000-00008

McGuigan M.R, Egan A.D and Foster C (2004) Salivary cortisol responses and perceived exertion during high intensity and low intensity bouts of resistance exercise. *J of Sports Sci and Medicine* **3** ; 15-18.

McLean B.D, Petrucelli C and Coyle E.F (2012) Maximal power output and perceptual fatigue responses during a division I female collegiate soccer season *Journal of Strength and Conditioning Research* : **26(12)** : 3186-3196

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.

Menaspa P (2017) Are rolling averages a good way to assess training load for injury prevention ? *British Journal of Sports Medicine*. **51(7)**, 618-619.

Morgan W. P (1973) Psychological factors influencing perceived exertion *Med. Sci. Sports* **5** : 97–103.

Murray N.B, Gabbett T.M, Townshend A.D, Blanch P (2016) Calculating acute :chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. *Journal of Sports Med*.

Murray N.B, Gabbett T.J, Townshend A.D and Blanch P (2017) Calculating acute :chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages *Br J Sports Med* 2017;**51**:749–754. doi:10.1136/bjsports-2016-097152

Nassi A, Ferrauti A, Meyer T, Pfeiffer M and Kellmann M (2017) Development of two short measures for recovery and stress in sport *European Journal of Sport Science*, DOI: 10.1080/17461391.2017.1318180

Nunes, JA, Moreira, A, Crewther, BT, Nosaka, K, Viveiros, L, and Aoki, MS. (2014) Monitoring training load, recovery-stress state, immuneendocrine responses, and physical performance in elite femalebasketball players during a periodized training program. *J StrengthCond Res* **28**: 2973–2980.

Orchard J and Seward H (2002) Epidemiology of injuries in the Australian football league, seasons 1997 - 2000 *British Journal of Sports Medicine* **36** : 39-45 DOI: 10.1136/bjism.36.1.39

Orchard J.W, Trefor J, Portus M, Kountouris A and Rebecca D (2009) Fast bowlers in cricket demonstrate up to 3- to 4- week delay between high workloads and increased risk of injury *The American Journal of Sports Medicine* : **37** : 6 DOI: 10.1177/0363546509332430

Orchard J. (2012) Who is to blame for all the football injuries? Br J Sports Med 2012; June 20, guest blog. <http://blogs.bmj.com/bjism/2012/06/20/who-is-to-blame-for-all-the-football-injuries/>

Paulauskas H, Kreivyte R, Scanlan A.T, Moreira A, Siupsinskas L, Conte D (2018) Monitoring workload in elite female basketball players during the in-season phase : weekly fluctuations and effect of playing load. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.

Petway A.J, Freitas T.T, Calloja-Gonzalez J, Leal D.M and Alcaez P.E (2020) Training load and match-play demands in basketball based on competition level : a systematic review *PLoS ONE* **15(3)**: e0229212. <https://doi.org/10.1371/journal>.

Piedra A, Caparros T, Vicens-Bordas J and Pena J (2021) Internal and external training load control in team sports through a multivariable model *Journal of Sports Science and Medicine* **20**, 751-758

DOI: <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.751>

Piggott B, Newton MJ, McGuigan MR. (2009)The relationship between training load and incidence of injury and illness over a pre-season at an Australian Football League club. *J Aust Strength Cond* ;**17**:4–17.

Platonov, V.N. (1988). *L'entraînement sportif : théorie et méthodologie*. Paris : Editions « Revue E.P.S. ».

Putlur P, Foster C, Miskowski J.A, Kane M.K, Burton S.E, Scheett T.P and McGuigan M.R (2004) Alteration of immune function in women collegiate soccer player and college students *Journal of Sports Science and Medicine* **3**, 234-243

Rogalski B, Dawson B, Heasman J and T.J Gabbett (2013) Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers *Journal of Science and Medicine in Sport* : 499-503 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.004>

Sansone P, Tschan H, Foster C and Tessitore A (2018) Monitoring training load and perceived recovery in female basketball : implications for training design *NSCA*.

Saw A.E, Main L.C and Gatin P.B (2015) Monitoring the athlete training response : subjective self-reported measures trump commonly used objective measures : a systematic review *Br J Sports Med* ;**50**:281–291. doi:10.1136/bjsports-2015-094758

Saw AE, Kellmann M, Main LC and Gatin PB (2016) Athletes self-report measures in research and practice : considerations for the discerning reader and fastidious practitioner *Int. J of sports phys and perf* **12(2)**, 2127-2135.

Scanlan A.T, Wen N, Tucker P.S, Dalbo V.J. (2014) The relationships between internal and external training load models during basketball training. *J Strength Cond Res.* ;**28(9)**:2397-2405.

Schwellnus M, Soligard T, Alonso J.M et al. (2016) How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness *British Journal of Sports Medicine* ; **51** 1098-1098 doi: 10.1136/bjsports-2016-097234

Snyder A.C, Jeukendrup A.E, Hesselink M.K, Kuipers H, and FOSTER C (1993) A physiological/psychological indicator of overreaching during intensive training. *Int. J. Sports Med.* **14** : 29–32.

Soligard T, Schwellnus M, Alonso J, et al. (2016) How much is too much? (part 1) International Olympic Committee consensus statement on training and competition loads and the risk of injury. *Br J Sports Med.* ; **50(17)** : 1030–1041 doi:10.1136/bjsports-2016-096581

Svilar L, Castellano J, Jukic I, Casamichana D (2017) Positional differences in elite basketball : selecting appropriate training – load measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.

Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R., and Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *J. Strength Cond. Res.* **18**, 796–802. doi: 10.1519/14153.1

Takarada (2003) Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays *British Journal Sports Med.* **37** : 416-419 DOI: 10.1136/bjism.37.5.416 ·

Urhausen A, Gabriel H and Kindermann W (1995) Blood hormones as markers of training stress and overtraining *Sports Medicine* **20(4)** : 251-276 0112-1642/95/0010-0251/S13.00/0

Vanrenterghem J, Jensby Nedergaard N, Robinson M.A et Drust B (2017) Training load monitoring in team sports : A novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways *Sports Medicine* ; DOI: 10.1007/s40279-017-0714-2

Viru et Viru (2000) Nature of Training Effects *Exercise and Sports Science*

Vuorimaa T, Vasankari, T and Rusko H (2000) Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during 2 intermittent running exercises at the velocity associated with V \cdot O $_2$ max. *Int. J. Sports Med.* **21** : 96–101.

Wallace LK, Slattery KM and Coutts AJ (2009) The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res.* ; **23(1)** : 33–38 doi:10.1519/JSC.0b013e3181874512

Wallace LK, Slattery KM and Coutts AJ (2014) A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. *Eur J Appl Physiol.* ; **114(1)** : 11–20 doi:10.1007/s00421-013-2745-1

Weiss K.J, Allen S.V, McGuigan M.R, Whatman C.S (2017) The relationship between training load and injury in men's professional basketball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.

Werchoschanski J.W - PUF, Paris, 1992

West D.J, Finn C, Cunningham D.J, Shearer D.A, Jones M.R, Harrington B, Crewther B.T, Cook C.J and Kilduff L.P (2014) The neuromuscular function, hormonal, and mood responses to a professional rugby union match *Journal of Strength and Conditioning Research* DOI: 10.1519/JSC.0b013e318291b726

Williams S, West S, Cross M.J and Stokes K.A (2017) Better way to determine the acute :chronic workload ratio ? *BR J Sports Med* **51** : 209-210 doi:10.1136/bjsports-2016-096589

Zwerver J, Bredeweg S.W and Scheek I (2011) Prevalence of jumper's knee among nonelite athletes from different sports a cross-sectional survey *American Journal of Sports Medicine* **39(9)** : 1984-1988 DOI: 10.1177/0363546511413370

Ouvrages :

Edwards S. High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards (Ed.). Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993, pp. 113–123.

Kellmann M et Kölling S. Recovery and stress in sport : a manual for testing and assessment. 10017 New York. Edition : Routledge. 2019.

Broussal-Derval A. L'encyclopédie de la préparation physique. Paris. Edition : 4Trainer. 2020.

ROWBOTTOM, D. Periodization of training. In: *Exercise and Sport Science*. W.E. Garret and D.T. Kirkendall, eds. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2000 pp. 499–512.

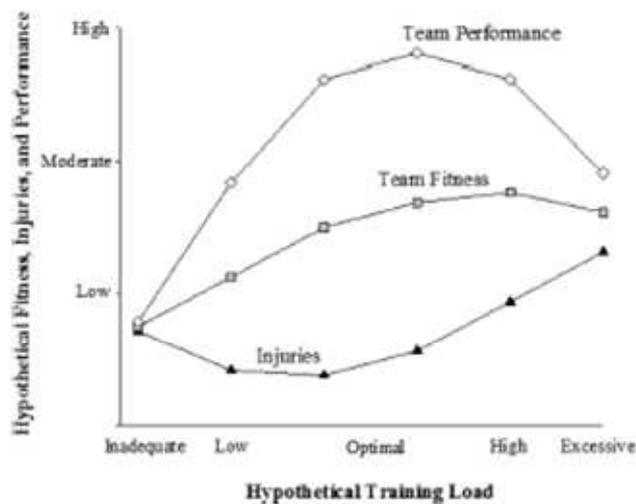
Svilar L. Essentials of physical performance in elite basketball : Testing, training, load monitoring, periodization and recovery. Second Edition, 11070 Belgrade, Serbia. Edition : Data Status. 2020.

Annexes :

Effets du stress induit par l'entraînement selon la charge prescrite

	Physiologique	Biomécanique	Psychologique
Surcharge	Déficience du système immunitaire Niveau de cortisol élevé Niveau de CK élevé	Tensions et douleurs musculaires importantes Inflammations tendineuses Douleurs articulaires	Instabilité émotionnelle Faible capacité de concentration Perte de confiance en soi Anxiété
Charge optimale	Hypertrophie cardiaque Adaptations métabolique Hypertrophie musculaire Niveau de testostérone élevé Niveau de CK normal	Régénération cartilagineuse Adaptations tendineuses Contractibilité musculaire optimale Augmentation de la masse maigre / densité minérale	Lucidité Capacité de concentration élevée Niveau de motivation élevé Confiance en soi élevée
Sous charge	Création de tissus adipeux Atrophie musculaire	Dégénération cartilagineuse Inadaptation tendineuse	Manque de motivation Manque de confiance en soi Niveau de concentration faible

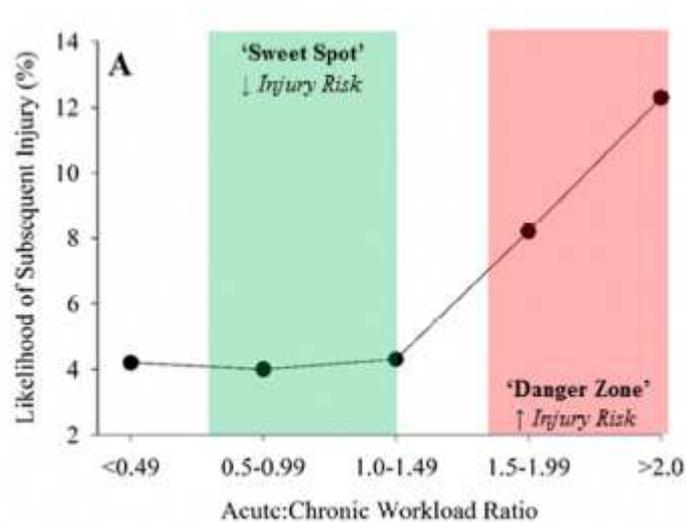
Annexe 1 : Stress et adaptations selon la charge d'entraînement. (Traduit d'après l'étude de Vanrenterghem et al. 2017).



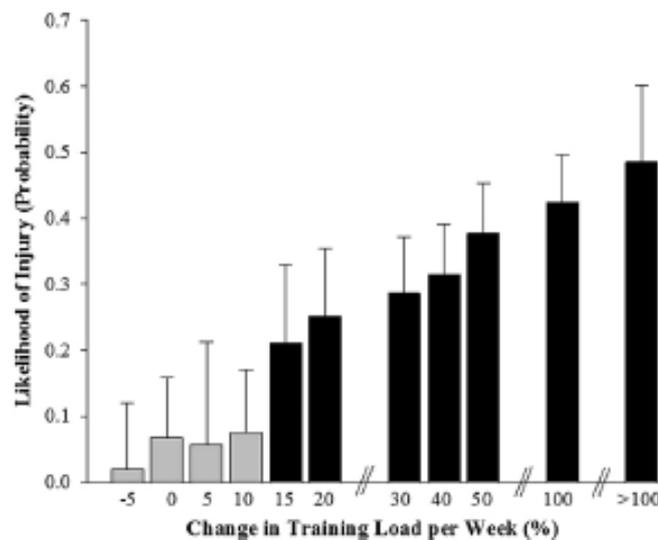
Annexe 2 : Relation entre le CT (*training load*), la performance, la condition physique (*fitness*) et les le taux de blessures (*injuries*) (selon Orchard et al. 2012).

Blanch et Gabbett. 2016 ; Gabbett. 2016		Malone. 2017 et Delcroix. 2018		Murray.2017	
Ratio	Interprétation	Ratio	Interprétation	Ratio	Interprétation
<0,8	Ratio faible / Sous charge	<0,85	Ratio faible / Sous charge	<0,49	Ratio très bas
0,8 - 1,3	<i>Sweet spot</i>	0,9 - 1,4	<i>Sweet spot</i>	0,5 - 0,99	Ratio bas
>1,5	Ratio élevé / Surcharge	>1,5	Ratio élevé / Surcharge	1 - 1,49	Moyen / <i>Sweet spot</i>
				1,5 - 1,99	Haut
				>2	Très haut

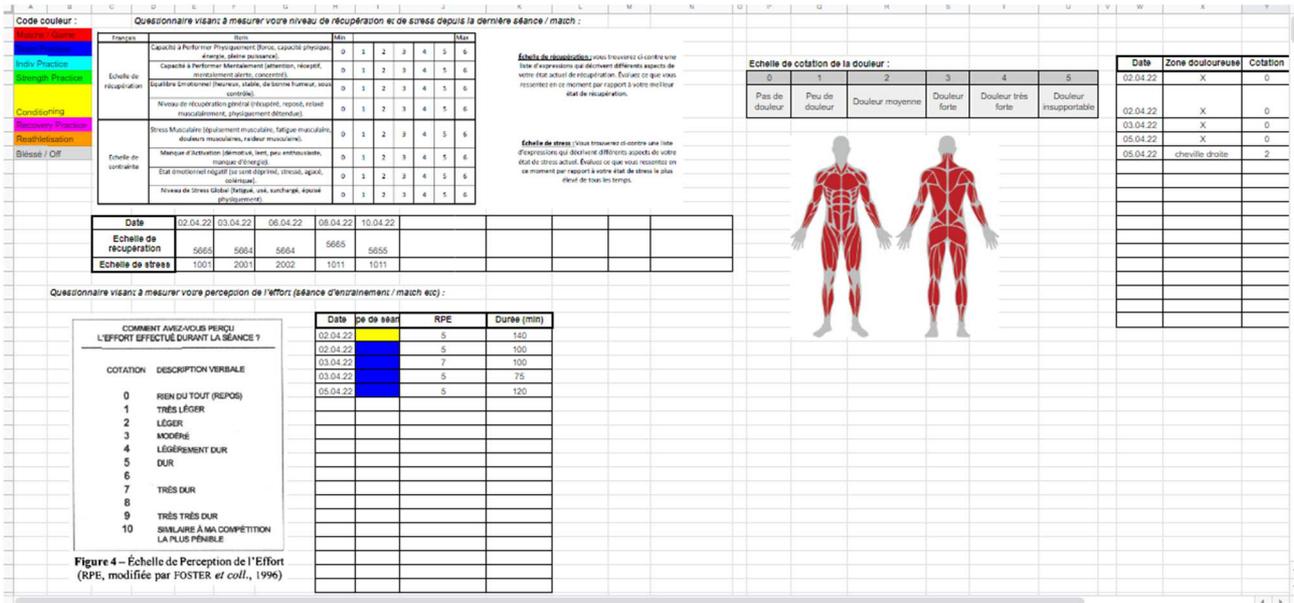
Annexe 3 : Ratios et interprétations associées de l'ACWR-EWMA (selon Blanch et Gabbett, 2016, Gabbett, 2016, Delcroix, 2018 et Malone, 2017 et Murray, 2017).



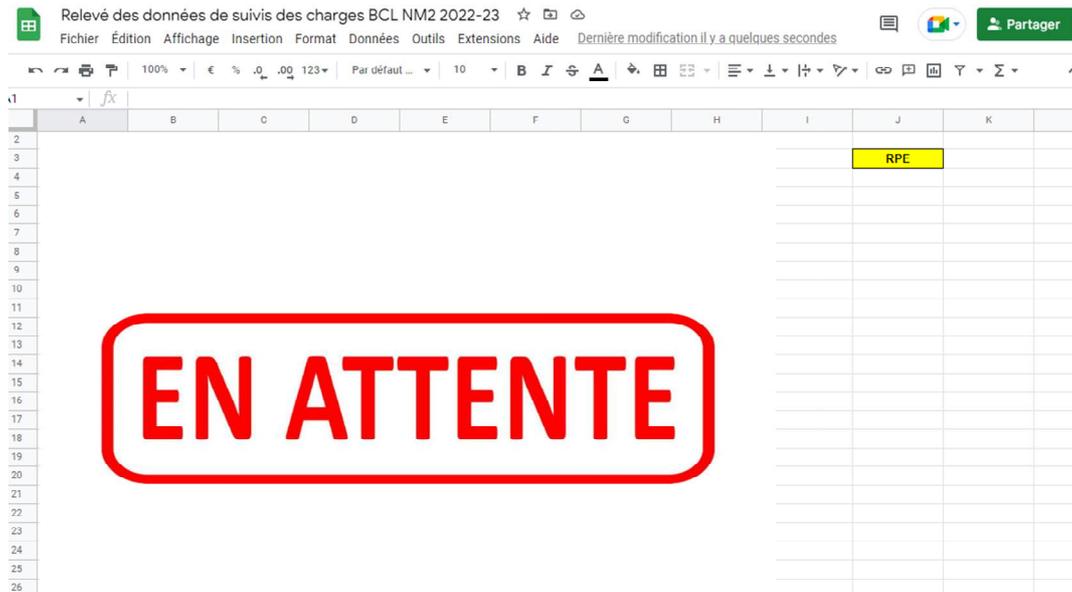
Annexe 4 : Relation entre le ratio ACWR et le taux d'incidence de blessure (selon Blanch et Gabbett. 2016).



Annexe 5 : Relation entre l'évolution de la CT d'une semaine à l'autre et le taux d'incidence des blessures (d'après Gabbett. 2010).



Annexe 6 : Fiche de relevé personnelle des notes des joueurs (vue globale de l'outil volontairement dézoomé).



Annexe 7 : Page de zone d'attente (en jaune ce que doivent remplir les sportifs).

Français	Item	Min						Max
Echelle de récupération	Capacité à Performer Physiquement (force, capacité physique, énergie, pleine puissance).	0	1	2	3	4	5	6
	Capacité à Performer Mentalement (attention, réceptif, mentalement alerte, concentré).	0	1	2	3	4	5	6
	Equilibre Emotionnel (heureux, stable, de bonne humeur, sous contrôle).	0	1	2	3	4	5	6
	Niveau de récupération général (récupéré, reposé, relaxé musculairement, physiquement détendue).	0	1	2	3	4	5	6
Echelle de contrainte	Stress Musculaire (épuisement musculaire, fatigue musculaire, douleurs musculaires, raideur musculaire).	0	1	2	3	4	5	6
	Manque d'Activation (démotivé, lent, peu enthousiaste, manque d'énergie).	0	1	2	3	4	5	6
	Etat émotionnel négatif (se sent déprimé, stressé, agacé, colérique).	0	1	2	3	4	5	6
	Niveau de Stress Global (fatigué, usé, surchargé, épuisé physiquement).	0	1	2	3	4	5	6

Échelle de récupération : vous trouverez ci-contre une liste d'expressions qui décrivent différents aspects de votre état actuel de récupération. Évaluez ce que vous ressentez en ce moment par rapport à votre meilleur état de récupération.

Échelle de stress : Vous trouverez ci-contre une liste d'expressions qui décrivent différents aspects de votre état de stress actuel. Évaluez ce que vous ressentez en ce moment par rapport à votre état de stress le plus élevé de tous les temps.

Annexe 10 : SRSS traduit en français. D'après la version anglaise de Kellmann et Kölling. 2019.

Anglais	Item	Min						Max
Short Recovery Scale	Physical Performance Capability (strong, physically capable, energetic, full of power).	0	1	2	3	4	5	6
	Mentale Performance Capability (attentive, receptive, mentally alert, concentrated).	0	1	2	3	4	5	6
	Emotional Balance (pleased, stable, in a good mood, having everything, under control).	0	1	2	3	4	5	6
	Overall Recovery (recovered, rested, muscle relaxation, physically relaxed).	0	1	2	3	4	5	6
Short Stress Scale	Muscular Stress (muscle exhaustion, muscle fatigue, muscle soreness, muscle stiffness)	0	1	2	3	4	5	6
	Lack of Activation (unmotivated, sluggish, unenthusiastic, lacking energy).	0	1	2	3	4	5	6
	Negative Emotional State (feeling down, stressed, annoyed, short-tempered).	0	1	2	3	4	5	6
	Overall Stress (tired, worn-out, overloaded, physically exhausted).	0	1	2	3	4	5	6

Short Recovery Scale: Below you find a list of expressions that describe different aspects of your current state of recovery. Rate how you feel right now in relation to your best ever recovery state.

Short Stress Scale: Below you find a list of expressions that describe different aspects of your current state of stress. Rate how you feel right now in relation to your highest ever stress state.

Annexe 11 : SRSS version anglaise (d'après l'ouvrage de Kellmann et Kölling. 2019).

Echelle de cotation de la douleur :						Date	Zone douloureuse	Cotation
0	1	2	3	4	5			
Pas de douleur	Peu de douleur	Douleur moyenne	Douleur forte	Douleur très forte	Douleur insupportable			

Annexe 12 : Outil de cotation et de localisation de la douleur. Adapté pour l'étude d'après les différentes échelles présentées par la HAS.

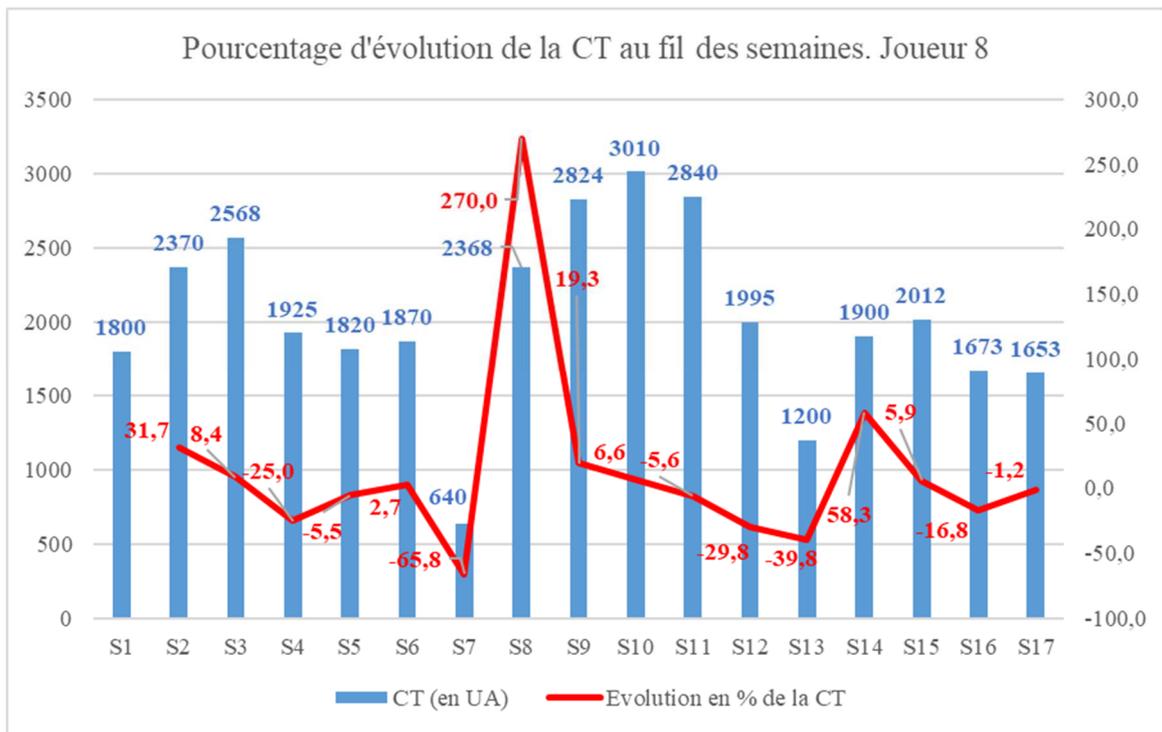
Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	.
7	Very Hard
8	.
9	.
10	Maximal

Annexe 13 : Echelle RPE CR-10 adaptée par Foster en 1998, version anglaise.

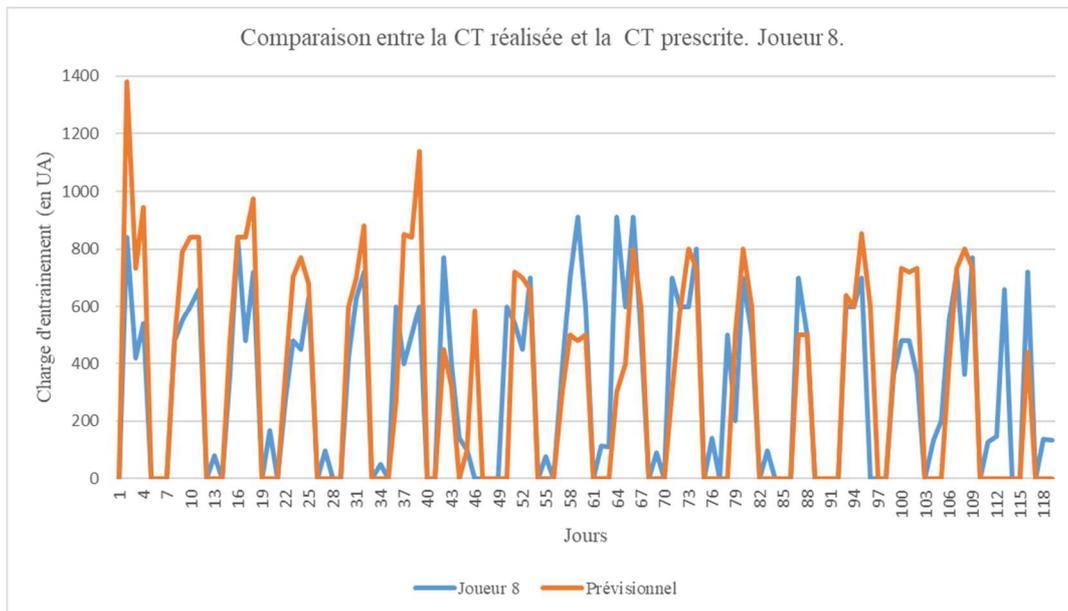
**COMMENT AVEZ-VOUS PERÇU
L'EFFORT EFFECTUÉ DURANT LA SÉANCE ?**

COTATION	DESCRIPTION VERBALE
0	RIEN DU TOUT (REPOS)
1	TRÈS LÉGER
2	LÉGER
3	MODÉRÉ
4	LÉGÈREMENT DUR
5	DUR
6	
7	TRÈS DUR
8	
9	TRÈS TRÈS DUR
10	SIMILAIRE À MA COMPÉTITION LA PLUS PÉNIBLE

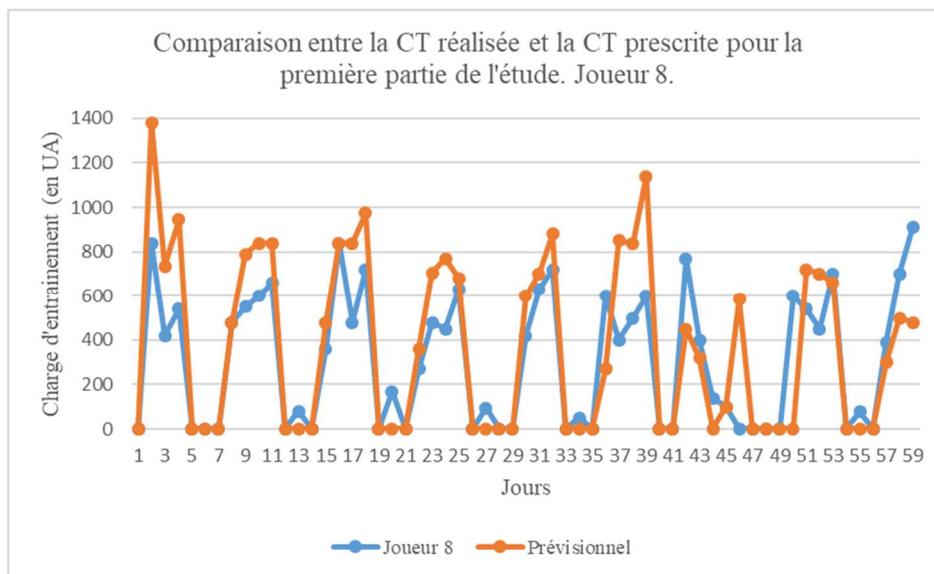
Annexe 14 : Echelle RPE CR-10 adaptée par Foster en 1998. Traduction tirée de l'étude de Garcin.
2002.



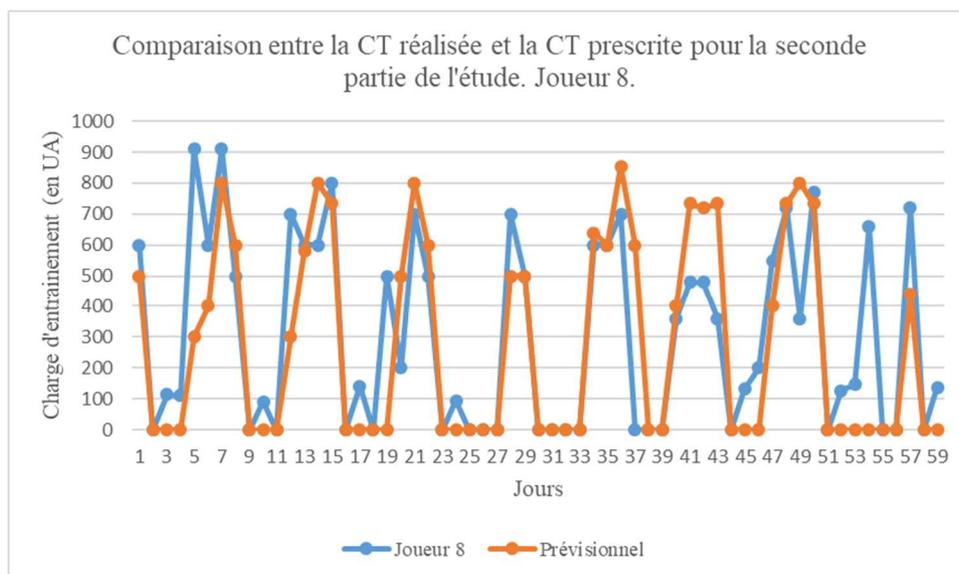
Annexe 15 : Taux d'évolution de la CT au fil des 17 semaines de protocole pour le joueur 8.



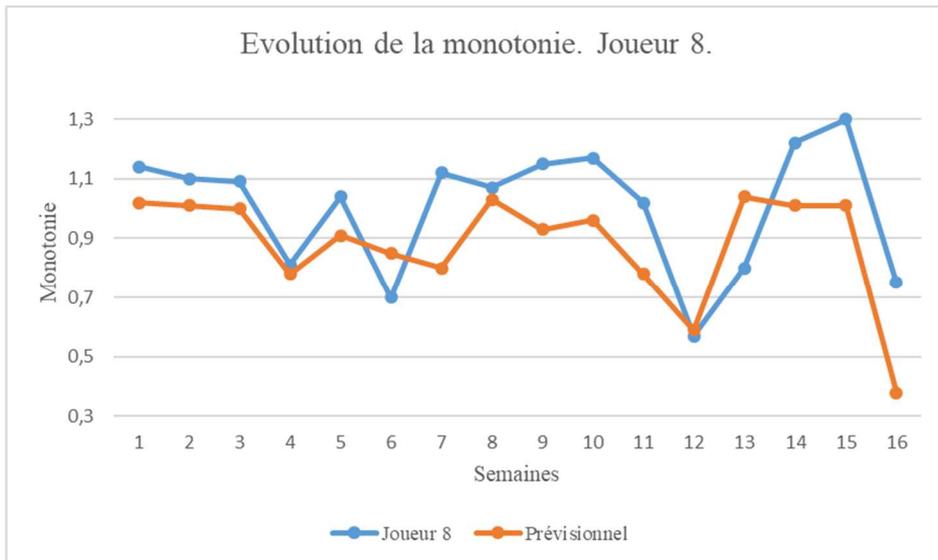
Annexe 16 : Comparatif entre la CT prévisionnelle et la CT réalisée pour le joueur 8.



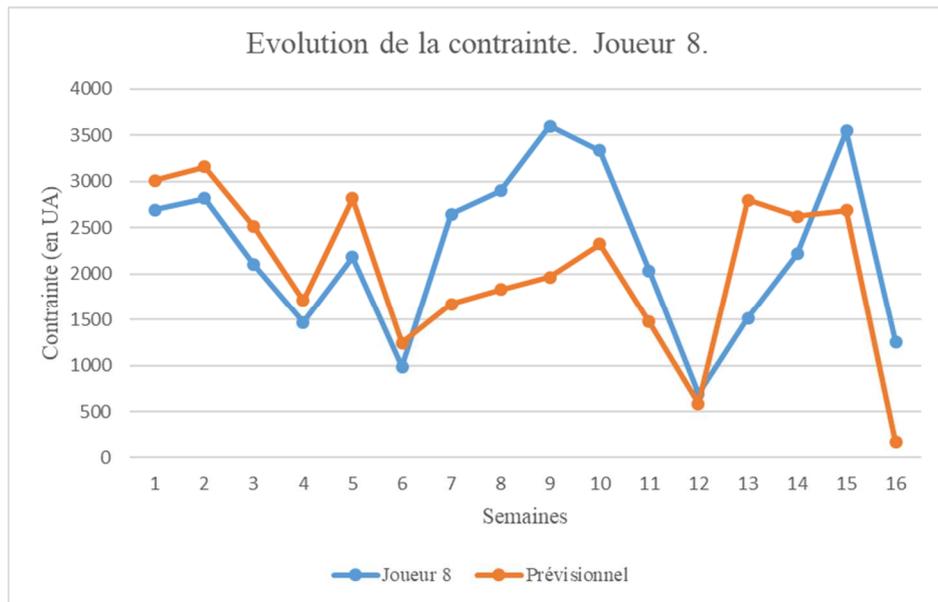
Annexe 17 : Comparaison entre la CT prévisionnelle et la CT réalisée pour le joueur 8 pour la première partie du protocole.



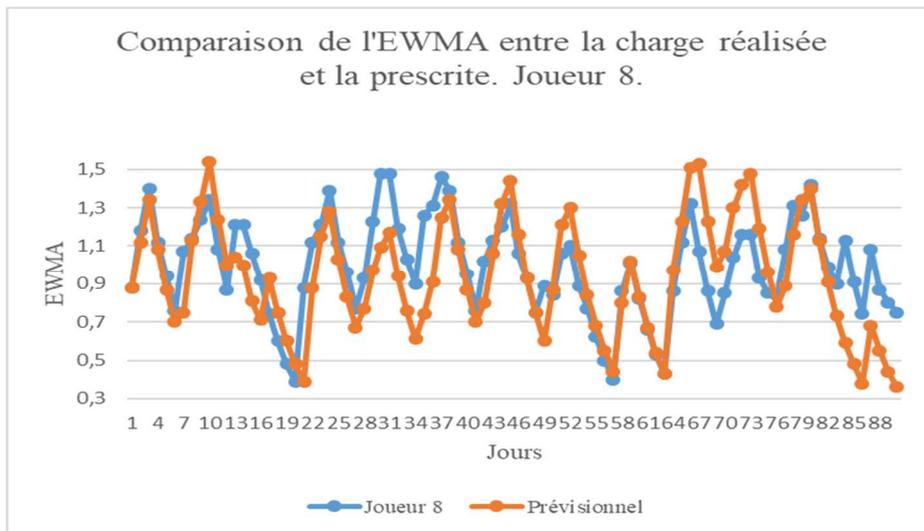
Annexe 18 : Comparaison entre la CT prévisionnelle et la CT réalisée pour le joueur 8 pour la seconde partie du protocole.



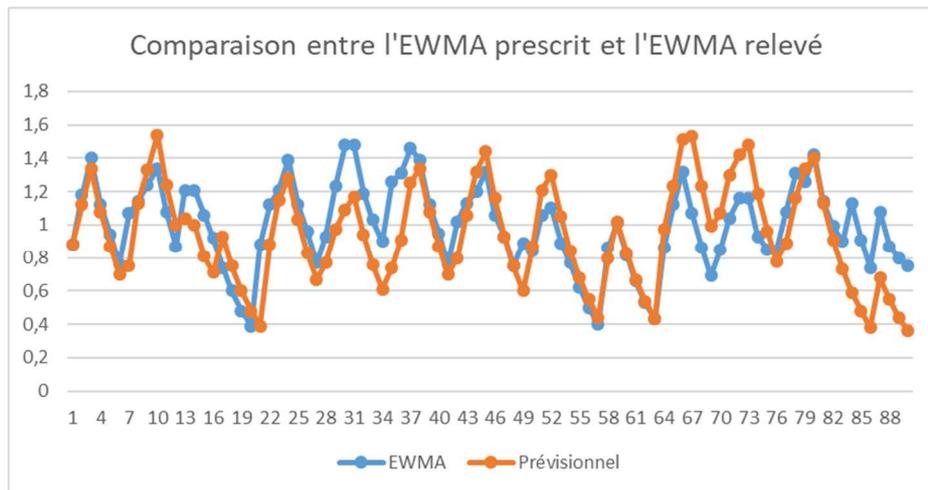
Annexe 19 : Comparaison entre la M prévisionnelle et la M réalisée pour le joueur 8.



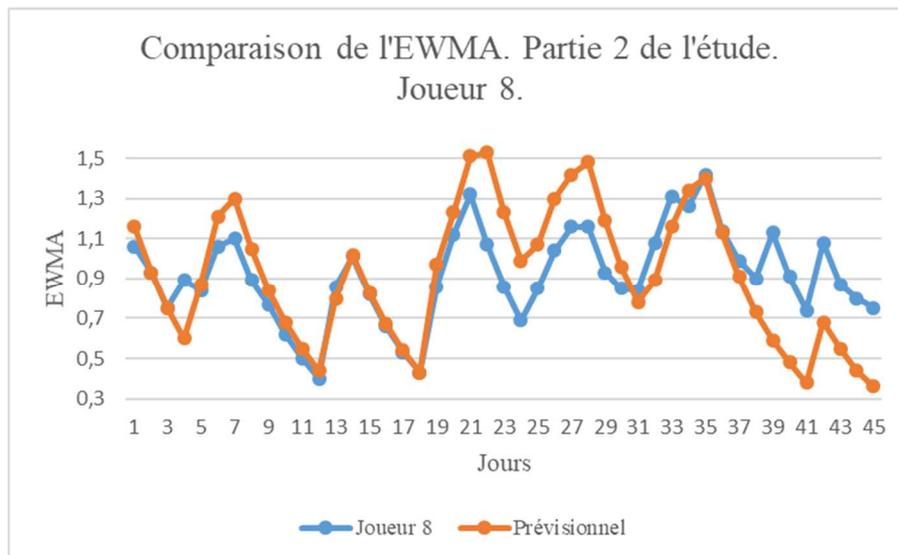
Annexe 20 : Comparaison entre la C prévisionnelle et la C réalisée pour le joueur 8.



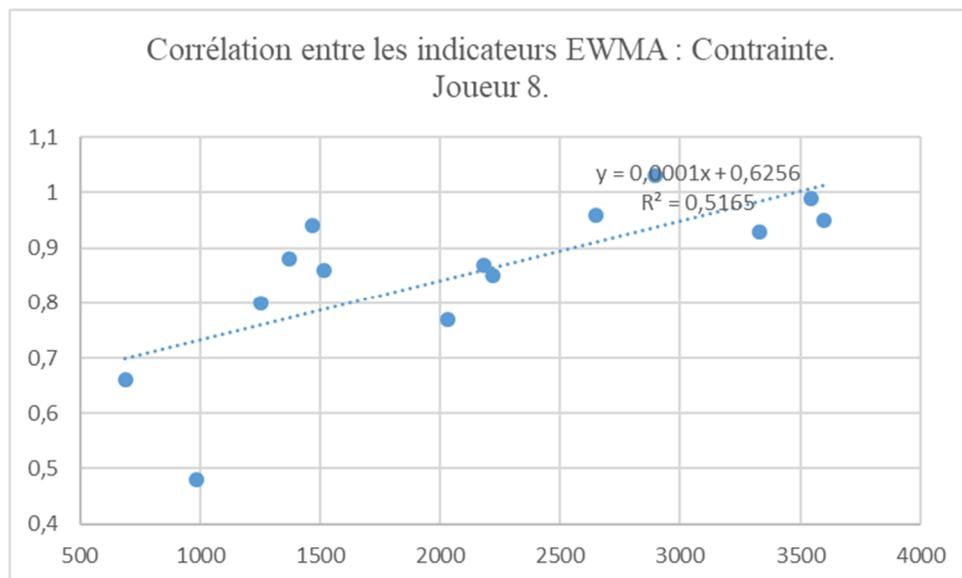
Annexe 21 : Comparaison entre l'EWMA prévisionnel et l'EWMA réalisé pour le joueur 8.



Annexe 22 : Comparaison entre l'EWMA prévisionnel et l'EWMA réalisé pour le joueur 8 pour la première partie du protocole.



Annexe 23 : Comparaison entre l'EWMA prévisionnel et l'EWMA réalisé pour le joueur 8 pour la seconde partie du protocole.



Annexe 24 : Corrélation entre les indicateurs d'EWMA et de C pour le joueur 8.

RAPPORT HEBDOMADAIRE :

N° semaine :
Date :

Rapport fait le :
Match du weekend :

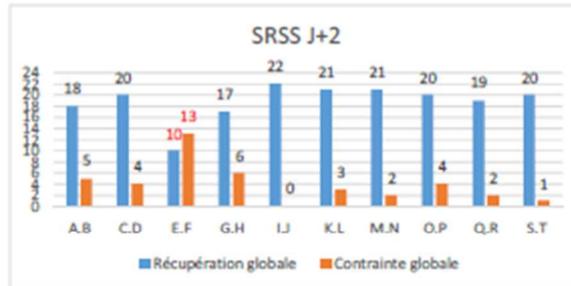
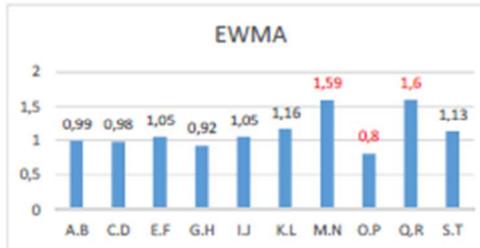


CT totale semaine :
Moyenne semaine équipe :
Monotonie moyenne équipe :

Cotation douleur S+1

	Charge aigue / J	Diff. % S-1/S-2	Monotonie / J	Zone douleur	Cotation
A.B					
C.D					
E.F					
G.H					
I.J					
K.L					
M.N					
O.P					
Q.R					
S.T					

EWMA moyen
equipe / sem :



Remarques / Adaptations :

Annexe 25 : Compte rendu hebdomadaire vierge, version 2.

MISE EN PLACE ET MESURE DE L'EFFICACITE D'UN PROTOCOLE DE QUANTIFICATION ET DE SUIVI DE LA CHARGE DE TRAVAIL CHEZ DES BASKETTEURS DE NIVEAU NATIONAL.

THOMAS, J.

Résumé

Objectif : Pour que l'entraînement soit adapté et efficient face aux contraintes de la compétition, il est nécessaire qu'il soit minutieusement planifié en prenant en compte un maximum de détail. Cela nécessite un suivi constant du travail effectué par les sportifs et donc la mise en place d'indicateurs et d'outils. L'objectif de cette étude est donc de quantifier et qualifier la charge vécue par les joueurs et la comparer à celle prescrite par le staff afin de voir si les deux visions concordent. Pour cela nous mettrons en places différents indicateurs, nous étudierons leur efficacité et nous prescrirons ceux qui sont nécessaires de conserver et ceux qui peuvent être abandonnés.

Méthode : Dix joueurs évoluant en NM2 et participant au championnat de France NM2, (âge moyen : $27,5 \pm 4,8$ ans, masse moyenne : 87 ± 9.8 kg, taille moyenne : $193,2 \pm 10,4$ cm) ont été suivis durant 17 semaines de championnat. Le RPE, le SRSS et la localisation/cotation des douleurs ont été relevés durant les 17 semaines à chaque entraînement/match. Par la suite, différents indicateurs comme : le s-RPE, la contrainte et la monotonie ont été calculé pour chacun des joueurs. Le protocole a également été coupé en 2 parties afin de comparer l'évolution de la précision de cotation du staff. Plus de 1500 données ont ainsi été récoltées et étudiées afin de démontrer l'efficacité des outils dans le suivi de la charge et des cycles de travail, et pour discriminer ceux qui seront reconduits la saison prochaine ou non.

Résultats : La charge de travail hebdomadaire moyenne est de $1840 \pm 331,3$ UA et de 306 ± 299 UA par jour. La monotonie moyenne hebdomadaire du groupe est de $0,92 \pm 0,07$, la contrainte de 1935 ± 461 UA et l'EWMA de $1 \pm 0,1$.

La différence de charge de travail entre la prescription et le vécu entre les deux parties du protocole est de $-137,2 \pm 420$ UA, avec une *pvalue* passant de 0,0143 à 0,329. Pour l'EWMA, la différence est de $0,06 \pm 0,37$, avec une *pvalue* de 0,168 puis de 0,724.

Mots clés : Basketball, EWMA, RPE, quantification, charge de travail.

Compétences développées : Durant cette année en contrat d'apprentissage j'ai pu développer ma capacité à récolter et interpréter différentes données et outils de suivi de la charge de travail. J'ai

également pu apprendre à créer une batterie d'évaluation en sélectionnant les outils les plus pertinents par rapport à mon contexte et les présenter à un staff en les justifiant scientifiquement. J'ai enfin pu apprendre à adapter les contenus d'entraînement selon les résultats des méthodes de suivi et mis un pied dans l'individualisation des contenus.

IMPLEMENTATION AND MEASUREMENT OF AN EFFECTIVE PROTOCOL TO QUANTIFY AND MONITOR THE WORKLOAD AMONG BASKETBALL PLAYERS AT THE NATIONAL LEVEL.

THOMAS, J.

Summary

Objective: For an adapted and efficient training to face of the competition requirements, it's necessary to be carefully with the plan and taking into account a maximum of detail. This requires constant monitoring of the work done by athletes and the implementation of indicators and tools. The objective of this study is to quantify and qualify the workload of the players and compare it to the prescription of the staff to see if the two visions agree. For this, we will put in place different indicators, we will study their effectiveness and prescribe those that are necessary to keep in and those that can be abandoned.

Method : Ten players evolving at the NM2 level and participating in the NM2 championship, (average age: 27.5 ± 4.8 years, average mass: 87 ± 9.8 kg, average height: 193.2 ± 10.4 cm) were followed during 17 weeks. RPE, SRSS and pain location/scoring were recorded during the 17 weeks at each training/match. Subsequently, different indicators such as: s-RPE, strain and monotony were calculated for each players. The protocol has been cut into 2 parts to compare the evolution of the staff's rating accuracy. More than 1500 data have been collected and studied to demonstrate the effectiveness of the tools to monitor workload, work cycles, and to discriminate against those who will be renewed next season or not.

Results : The average weekly workload is 1840 ± 331.3 UA and 306 ± 299 AU per day. The average weekly monotony of the group is 0.92 ± 0.07 , the strain is 1935 ± 461 AU and the EWMA is 1 ± 0.1 . The difference in workload between prescription and experience between the two parts of the protocol is -137.2 ± 420 AU, with a pvalue increasing from 0.0143 to 0.329. For EWMA, the difference is 0.06 ± 0.37 , with a pvalue of 0.168 and then 0.724.

Key words : Basketball, EWMA, RPE, monitoring, workload.