

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
*Université A. MIRA-Bejaia*



*Faculté des Sciences Humaines et Sociales*  
Département De Science Et Technique De  
Activités Physiques Et Sportive



## **MÈMOIRE**

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master  
en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives  
Filière : Entraînement Sportif  
Spécialité : Entraînement sportif d'élite

### *Thème*

***Quantification des charges d'entraînement et estimation du niveau de fatigue chez les footballeurs séniors.***

*(Cas des footballeurs du club Chabab Riadhi Baladiat Aokas (C.R.B.A), W Bejaïa – Algérie).*

**Présenté par :** M<sup>r</sup> : SAOULI Fares

**Soutenu le :** 24/06 /2024.

**Sous la direction de :** Mr Djennad Djamel.

*Année universitaire : 2023/2024*

## ***Remerciement***

Nous exprimons notre gratitude envers Dieu le tout-puissant pour nous avoir doté du courage et de la paix nécessaire à l'accomplissement de ce travail.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance envers mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette période.

Je souhaite également adresser mes remerciements les plus chaleureux à mon promoteur de mémoire, Monsieur Djennad Djamel, pour son accompagnement précieux et sa disponibilité tout au long de notre collaboration.

Un grand merci à Monsieur IKIOUANE Mourad. Pour son aide et ses encouragements.

Je remercie chaleureusement les membres du département STAPS, en particulier mes enseignants, pour leur engagement et leur dévouement tout au long de ces cinq années de formation.

Enfin, Je remercie profondément ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible et leur présence à chaque étape de mon parcours de formation.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce présent mémoire à mon défunt père « Abd El Madjid » et ma mère « Djahida », à mon défunt petit frère « Farid », à mes trois Sœurs « Sabiha, Habiba et Houda » à mes deux autres Frères « Nabil et Ryad », Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

# SOMMAIRE

Remerciement

Dédicaces

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction ..... 1

## *PARTIE I REVUES DE LA LITTERATURE*

I. La charge d'entraînement (CE) ..... 3

I.1 Généralité sur la charge d'entraînement..... 3

I.1.1 Définition générale..... 3

I.1.2 La quantification de la CE revêt une importance essentielle.....3

I.1.3 A quoi sert la Charge d'Entraînement ? .....4

I.1.4. L'approche subjective de la quantification de la CE.....4

I.2. Les éléments constitutif la charge d'entraînement..... 5

I.2.1. Généralités.....5

I.2.2. Nature de la charge d'entraînement ..... 5

I.2.3. La particularité de la charge d'entraînement..... 6

I.2.4. Objectivité de la charge d'entraînement ..... 7

<b>I.2.5. Progressivité de la charge d'entraînement.....</b>	<b>7</b>
<b>I.2.6. Surcharge d'entraînement (entraînement sur-critique) .....</b>	<b>7</b>
<b>I.2.7. Intensité de la charge d'entraînement .....</b>	<b>8</b>
<b>I.2.8. Durée de la charge d'entraînement.....</b>	<b>9</b>
<b>I.2.9. Densité de la charge d'entraînement .....</b>	<b>9</b>
<b>I.3. Les composantes de la CE.....</b>	<b>9</b>
<b>I.3.1. L'utilité du calcul de CE .....</b>	<b>11</b>
<b>I.3.2. La dynamique des CE .....</b>	<b>11</b>
<b>I.4. Les méthodes de quantification de la charge d'entraînement.....</b>	<b>12</b>
<b>I.4.1. Les méthodes spécifiques aux sports d'endurance .....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.1. La fréquence cardiaque .....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.2. La distance parcourue.....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.3. La méthode TRIMPS (Training Impulse Score) .....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.2. Les méthodes de quantification réalisées en laboratoire .....</b>	<b>14</b>
<b>I.4.2.1. La Prise du taux de lactate dans le sang.....</b>	<b>14</b>
<b>I.4.2.2. Détermination de la consommation maximale d'oxygène .....</b>	<b>14</b>
<b>I.4.3. Les méthodes de technologies portables (Wearable Tech) .....</b>	<b>15</b>
<b>I.4.4. La méthode de perception de l'effort (séance-RPE).....</b>	<b>16</b>
<b>I.5. Périodisation des charges d'entraînement en Football .....</b>	<b>17</b>
<b>I.5.1. Méthodes de quantification de l'entraînement en Football.....</b>	<b>17</b>
<b>I.5.2. Explication de la méthode-RPE .....</b>	<b>18</b>

<b>I.5.3. Bases scientifiques de la méthode-RPE .....</b>	<b>23</b>
<b>I.5.4. La méthode-RPE est utile dans l'entraînement de football.....</b>	<b>23</b>
<b>I.5.5. Surveiller l'intensité de l'entraînement en football à l'aide de RPE .....</b>	<b>24</b>
<b>I.5.6. La charge prévue VS charge ressentie.....</b>	<b>24</b>
<b>I.5.7. Identifier les athlètes qui ne parviennent pas à s'ajuster à la CE .....</b>	<b>25</b>
<b>I.5.8. Gérer la charge d'entraînement lors de la réadaptation suite à une blessure.</b>	<b>26</b>
<b>I.5.9. Gérer efficacement la charge pendant la phase compétitive .....</b>	<b>27</b>
<b>I.6. Charges hebdomadaires.....</b>	<b>29</b>
<b>I.7. Charges de divers types d'entraînement en Football.....</b>	<b>30</b>
<b>I.8. La charge d'entraînement et la performance .....</b>	<b>31</b>
<b>I.9. Rapport optimal entre charge d'entraînement, récupération et phénomène de         surcompensation.....</b>	<b>32</b>
<b>I.10. Le surentraînement .....</b>	<b>33</b>
<b>I.10.1. Surentraînement et présentation des symptômes. ....</b>	<b>33</b>
<b>I.10.2. Prévention du surentraînement.....</b>	<b>34</b>
<b>I.10.3. Recommandations dans la prévention du surentraînement .....</b>	<b>34</b>
<b>II. La fatigue .....</b>	<b>36</b>
<b>II.1. Définition .....</b>	<b>36</b>
<b>II.2. La fatigue neuromusculaire .....</b>	<b>36</b>
<b>II.2.1. La fatigue centrale .....</b>	<b>37</b>
<b>II.2.2. La fatigue périphérique.....</b>	<b>38</b>

<b>II.3. Les différents types de la fatigue .....</b>	<b>39</b>
<b>II.3.1. La fatigue aigüe « Acute Fatigue » .....</b>	<b>39</b>
<b>II.3.2. La fatigue persistante « Dépassement » .....</b>	<b>40</b>
<b>II.3.3. La fatigue grave : Syndrome de surentraînement .....</b>	<b>41</b>
<b>II.4. Gestion de la fatigue.....</b>	<b>42</b>
<b>II.5. La surcharge et surcompensation.....</b>	<b>42</b>
<b>II.6. Facteurs de performance et niveau de fatigue.....</b>	<b>43</b>
<b>II.7. Méthode de quantification du niveau de fatigue .....</b>	<b>44</b>

## **PARTIE II METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE**

<b>1. Objectifs .....</b>	<b>47</b>
<b>2. Méthodologie .....</b>	<b>47</b>
<b>2.1. Echantillon.....</b>	<b>48</b>
<b>2.2. Protocole... ..</b>	<b>48</b>
<b>2.2.1. Echelle de sensation (fatigue) .....</b>	<b>50</b>
<b>2.2.2. Echelle d'humeur .....</b>	<b>51</b>

## **PARTIE III ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS**

<b>1. Résultats.....</b>	<b>53</b>
<b>2. Interprétation et discussion des résultats.....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>66</b>
<b>BibliographieAnnexes</b>	
<b>Resumé</b>	

## Liste des abréviations

**CE**= charge d'entraînement.

**DP**= La distance parcourue.

**ESIE**=Estimation Subjective de l'Intensité de l'Exercice.

**ET**=Ecart type.

**Ex**= Exemple.

**Exp**=Exponentiel.

**FB**=football.

**FC** =La fréquence cardiaque.

**GPS**=Global Positioning System.

**IC** =Indice de contrainte.

**IM**=Indice de monotonie.

**IF**= Indice de fatigue.

**IFt** = Indice de Fitness.

**Min** = Minute.

**Moy** = Moyenne.

**RPE** = Rating of Perceived Exertion.

**Sem** =Semaines.

**TRIMPS** = Training impulse score.

**UA** = Unité arbitraire.

**CRBA** = Club Riyadi Baladiat Aokas



# Liste des tableaux

<b>Tableau N°01</b> : représentant l'importances accordées aux différents paramètres en fonction de la période de préparation.....	<b>10</b>
<b>Tableau N°02</b> : représentant l'évaluation du niveau de sollicitation d'une séance.....	<b>11</b>
<b>Tableau N°03</b> : représentant la dynamique de la charge d'entraînement, chacune à son approche spécifique.....	<b>12</b>
<b>Tableau N°04</b> : exemple de calcul de CE quotidienne moyenne, l'écart type des CE quotidiennes moyennes sur la semaine.....	<b>21</b>
<b>Tableau N°05</b> : Exemple de CE d'une semaine typique, avec la monotonie et la Contrainte d'entraînement au sein d'une équipe professionnelle de FB en cours de saison compétitive.....	<b>22</b>
<b>Tableau N°06</b> : représentant les facteurs de performance et niveau de fatigue.....	<b>44</b>
<b>Tableau N°07</b> : Échelle Borg CR-10 modifiée de Poster, Source : Foster et al.....	<b>49</b>
<b>Tableau N°08</b> : Echelle de fatigue (sensation).....	<b>50</b>
<b>Tableau N°09</b> : Echelle d'humeur.....	<b>51</b>
<b>Tableau N°10</b> : Nombre d'entraînement et de matchs par semaine.....	<b>53</b>
<b>Tableau N°11</b> : les charges entrainement collective et les différents indices.....	<b>54</b>
<b>Tableau N°12</b> : Représentant les calculs de différents indices de la CE et IF.....	<b>56</b>

# *Liste des Figures*

<b>Figure N°01</b> : Échelle Borg CR-10 modifiée de Foster, Source : Foster et al. (2001).....	<b>19</b>
<b>Figure N°02</b> : représentant un exemple de calcul la charge d'entraînement.....	<b>20</b>
<b>Figure N°03</b> : Un exemple de CE prévue et observée pour une équipe professionnelle durant la période compétitive.....	<b>23</b>
<b>Figure N°04</b> : La dissociation entre la charge planifiée et la charge observée pour un joueur peut détecter son inadaptation au stress de l'entraînement.....	<b>25</b>
<b>Figure N°05</b> : Un exemple de la manière dont le contrôle de la CE peut être utilisé de façon.....	<b>27</b>
<b>Figure N°06</b> : Un modèle schématique suggéré pour planifier l'entraînement au cours de la phase compétitive en FB, Kelly et Coutts (2007).....	<b>28</b>
<b>Figure N°07</b> : Un exemple des CE ( $\pm$ Ecart type) calculées par la méthode-RPE pour une équipe professionnelle Italienne au cours d'une saison entière.....	<b>29</b>
<b>Figure N°08</b> : Graphique des Charges d'entraînement selon la méthode-RPE (UA) pour chacune des majeures modalités d'entraînement effectuées au cours de la saison chez des joueurs de FB, Alexiou (2007).....	<b>30</b>
<b>Figure N°09</b> : Distribution des différentes catégories d'entraînement dans une équipe professionnelle de rugby-league au cours des différents macrocycles de la saison, Coutts et al 2008).....	<b>31</b>
<b>Figure N°10</b> : représente le phénomène de surcompensation (fatigue, récupération, adaptation).....	<b>32</b>
<b>Figure N°11</b> : Illustration de la fatigue aiguë et du principe de surcompensation.....	<b>40</b>
<b>Figure N°12</b> : Illustration du dépassement fonctionnel.....	<b>40</b>
<b>Figure N°13</b> : Illustration du syndrome de surentraînement.....	<b>41</b>
<b>Figure N°14</b> : L'effort induit une fatigue qui conduit à une surcompensation.....	<b>43</b>
<b>Figure N°15</b> : la dynamique de la charge d'entraînement quotidienne sur 06 semaines.....	<b>54</b>
<b>Figure N°16</b> : L'évolution des charges d'entraînement et les différents indices (monotonie, contrainte et fitness) sur 06 semaines.....	<b>55</b>
<b>Figure N°17</b> : La corrélation entre les différents indices de (CE, monotonie, contrainte et fitness) et l'indice de fatigue sur 06 semaines.....	<b>57</b>
<b>Figure N°18</b> : Corrélation entre la fatigue et le volume horaire en minutes.....	<b>58</b>
<b>Figure N°19</b> : Corrélation indice de fatigue et CE.....	<b>59</b>
<b>Figure N°20</b> : Corrélation entre la fatigue et la monotonie.....	<b>60</b>
<b>Figure N°21</b> : Corrélation entre la fatigue et contrainte.....	<b>61</b>
<b>Figure N°22</b> : Corrélation entre la fatigue et le fitness.....	<b>62</b>

*Introduction*  
*générale*

## ***Introduction & Problématique.***

Dans le domaine de la préparation physique et de la performance sportive, la gestion adéquate de la charge d'entraînement est essentielle pour optimiser les résultats tout en minimisant les risques de blessures et de surentraînement, l'optimisation de la performance sportive est devenue un objectif primordial pour les athlètes de tous niveaux, et ce, dans une multitude de disciplines sportives. Cette quête incessante de l'excellence sportive a donné naissance à un vaste champ de recherche et de pratique visant à comprendre les mécanismes sous-jacents à la performance humaine et à développer des stratégies efficaces pour l'améliorer.

Le football est le sport le plus pratiqué dans le monde, Cent cinquante fédérations nationales avec trente millions de joueurs inscrits dans les clubs, le football s'est rapidement répandu à travers le monde pour devenir l'un des sports les plus joués et les plus regardés.

Dans l'univers du football, l'entraîneur occupe une place centrale, agissant comme le chef d'orchestre d'une équipe. Son rôle va bien au-delà de la simple tactique sur le terrain, il s'étend à la gestion des joueurs, à la création d'une culture d'équipe, et à l'élaboration de stratégies à long terme pour le succès de son club.

L'entraînement peut être défini comme un processus structuré et progressif qui vise à développer et à améliorer les capacités physiques, mentales ou techniques d'un individu ou d'un groupe. Il englobe une variété d'activités, de méthodes et de techniques conçues pour favoriser l'apprentissage, l'adaptation et la performance.

Il est important de trouver un équilibre entre l'entraînement, la surcompensation et la récupération pour éviter la surcharge et le surentraînement, tout en permettant à votre corps de progresser et de s'adapter aux exigences physiques de manière optimale. Cela implique de planifier des périodes de récupération active dans votre programme d'entraînement, de prêter attention aux signaux de fatigue et de surentraînement de votre corps, et d'adopter des stratégies de récupération efficaces pour maximiser les bénéfices de votre entraînement.

La quantification de la charge d'entraînement consiste à évaluer la quantité de travail effectuée par les joueurs pendant les séances d'entraînement et les matchs. Cette quantification peut se faire à différents niveaux, incluant la charge physique, la charge mentale, et la charge émotionnelle.

D'autre part, l'estimation du niveau de fatigue est un défi complexe. La fatigue peut résulter de plusieurs facteurs, notamment la charge d'entraînement accumulée, le sommeil insuffisant, les stress psychologiques, et les blessures. Par conséquent, une approche holistique est nécessaire pour évaluer la fatigue des joueurs.

Des méthodes subjectives, telles que les questionnaires de fatigue et les évaluations psychologiques, peuvent être combinées avec des mesures objectives, telles que les biomarqueurs physiologiques (par exemple, le taux de lactatesanguin) et les paramètres de sommeil, pour obtenir une estimation plus complète du niveau de fatigue.

C'est là qu'intervient le concept de Rate of Perceived Exertion (RPE), ou échelle de perception de l'effort. En utilisant la méthode RPE, les entraîneurs et les préparateurs physiques peuvent obtenir une estimation fiable de la charge d'entraînement réelle des joueurs, tenant compte de leur perception individuelle de l'effort. De plus, en suivant de près les variations du RPE au fil du temps, il est possible de détecter les signes de fatigue et d'adapter les programmes d'entraînement et de récupération en conséquence.

Notre travail a pour problématique d'arriver à comprendre comment améliorer les performances des footballeurs avec des entraînements intenses et répétés sans pour autant entraîner une fatigue accrue et une augmentation des risques de blessures. Et pour cela, il est important de quantifier les charges d'entraînement et de déterminer le niveau de fatigue chez les joueurs.

Notre échantillon d'étude est les footballeurs du club (C.R.B.A) de la commune d'Aokas (W Bejaia), et ce au cours de la saison 2023/2024.

Il s'agit aussi de déterminer une corrélation entre l'indice de fatigue (IF) et les différents indices de la charge d'entraînement (CE). Montrant aussi l'importance de la quantification des charges de l'entraînement et enfin prévenir les possibilités du surentraînement et de la fatigue.

Notre travail est composé de trois grandes parties, la première partie est consacrée au cadre théorique, la seconde partie est consacrée à la méthodologie de la recherche et dans la troisième à la présentation de la partie pratique, l'analyse et l'interprétation des résultats. On termine enfin par une conclusion et quelques recommandations.

***PARTIE I***

***REVUES DE  
LA LITTÉRATURE***

## ***I. La charge d'entraînement (CE).***

### ***I.1. Généralités sur la charge d'entraînement.***

#### ***I.1.1. Définition générale.***

En méthodologie sportive, la charge d'entraînement désigne le poids d'un travail « donné a et sur » un athlète, ayant pour objectif de l'assumer et de le réaliser. Elle est définie par unité quantitative de travail, représentée par le produit du volume par l'intensité.

Plus globalement, la charge d'entraînement peut être définie comme « l'ensemble des sollicitations physiologiques, techniques, tactiques, psychosociologiques déterminant les adaptations fonctionnelles du sportif » (Jurgen weineck, 1997).

D'après (Goran Kentta; Peter Hassmén , 2013) : La charge d'entraînement est l'unité élémentaire du processus d'entraînement, on distingue généralement la charge externe de la charge interne, la charge externe correspond aux caractéristiques de l'exercice , il est possible de la décrire en termes d'intensité et de volume.

La charge interne présente quant à elle les adaptations aiguës de l'organisme à la charge externe, c'est la répétition organisée de ces adaptations aiguës qui va permettre la mise en place d'un certain nombre d'adaptations chroniques. (Goran Kentta; Peter Hassmén , 2013).

#### ***I.1.2. La quantification de la charge d'entraînement revêt une importance essentielle.***

La charge constitue une catégorie centrale de l'entraînement sportif des footballeurs. Elle présente un processus de confrontation du footballeur avec les sollicitations physiques, psychiques et intellectuelles exprimées par l'activité sportive avec comme objectif l'amélioration ou plus au moins le maintien du niveau de performance ou sa diminution (Alexander DELLAL, 2013)

Les capacités de la performance sportive sont à améliorer au moyen de l'entraînement et de la compétition sportive. Les charges d'entraînement sont considérées comme l'influence pédagogique recherchée suite à la solution de tâches motrices définies (Grehaigne, Jean-Francis, 1992) D'après (Dufour, 1974) la charge occupe une place importante dans le processus de préparation (entraînement) et de réalisation de la performance sportive (compétition).

Pour le meilleur développement des capacités de performance, il est important de maîtriser les éléments nécessaires à la gestion de la charge sportive et qui sont :

- Les charges nécessaires à la provocation d'adaptations des systèmes organiques chez les footballeurs et qui constituent la plate-forme nécessaire à l'amélioration de la performance
- Le repos est une partie intégrante de la charge
- La charge et le repos doivent être conçus selon des principes scientifiques.

### ***1.1.3. L'utilité de la charge d'entraînement.***

#### ***❖ Optimiser les performances.***

Avec la charge d'entraînement, vous pouvez améliorer la condition physique de vos athlètes et prévoir leur pic de forme. En effet, vous pouvez calculer la charge d'entraînement et manipuler ces indicateurs de sorte que l'athlète ait des capacités de performances optimales pour la compétition. Pour cela la charge d'entraînement prévue sera adaptée aux périodes d'entraînement et aux phases de récupération.

#### ***❖ Limiter le risque de blessures et de surentraînement.***

En suivant la charge d'entraînement de vos sportifs, que ce soit avec le modèle de Foster, le TRIMP ou Coggan, les indicateurs vous alertent sur l'état de fatigue de vos sportifs. En ce sens, vous pourrez adapter vos futurs entraînements pour limiter le risque de blessures et de surentraînement.

Certes, cette information est à considérer avec prudence. Elle représente un outil précieux entre les mains de l'entraîneur, pour peu qu'il puisse en tirer une interprétation éclairée. Cela lui offre la possibilité de prendre des décisions éclairées, au bénéfice de ses sportifs.

### ***1.1.4. L'approche subjective de la quantification de la charge d'entraînement.***

C'est pour ces raisons (nature intermittente du sport, coûts financiers élevés pour se procurer des micro-technologiques comme des cardiofréquencemètres ou GPS en quantité suffisante, expertise requise dans l'analyse et l'interprétation des données) que nous devons envisager l'utilisation d'une méthode issue de l'approche subjective dans le cadre de cette étude. Cette approche est caractérisée par l'utilisation de la méthode séance-RPE afin d'estimer la CE d'un athlète (Robson-Ansley et coll., 2009). La méthode RPE est en fait l'un des moyens les plus fréquemment utilisés pour mesurer la CE (Raison, 2014).



Cette méthode, développée et popularisée entre autres par Gunnar Borg dans les années 1960-1970, est basée sur le principe qu'à l'effort, un individu est capable d'effectuer le suivi et d'évaluer les sensations de fatigue au niveau des muscles, des articulations, du système cardio-pulmonaire et d'autres organes sensoriels de manière concourante avec la motivation, les émotions et d'autres variables psychologiques (Borg, 1998 ; Hutchinson & Tenenbaum, 2006 ; Williams & Eston, 1989). La méthode RPE est ainsi perçue comme une gestalt ou une entrée sensorielle intégrant à la fois des informations sensorielles d'origine périphérique, centrale et métabolique ainsi que des expériences vécues par la personne constituant une réponse globale qui varie selon le contexte de réalisation de l'activité sportive (Hutchinson & Tenenbaum, 2006 ; Morgan, 1994).

## ***1.2. Les éléments constitutif la charge d'entraînement.***

### ***1.2.1. Généralités.***

La charge d'entraînement est constituée par la sommation de stimuli sur une séance d'entraînement. Elle correspond à un travail effectué par le sportif. Le travail correspond au produit de la puissance de l'exercice et de la durée de l'exercice. La réaction d'adaptation est provoquée par la charge d'entraînement. La sommation des charges d'entraînement induit ensuite l'amélioration du niveau d'aptitude physique de l'athlète. Nous observons ici tout l'intérêt qu'il y a de définir précisément les différentes caractéristiques de la charge de travail réalisée par l'athlète.

### ***1.2.2. Nature de la charge d'entraînement.***

L'évolution des adaptations fonctionnelles résulte de l'exposition à divers types de charges d'entraînement, forçant l'organisme à réagir de manière inhabituelle, chacune engendrant des effets spécifiques. Les charges de compétition, déterminées par le nombre de compétitions annuelles, jouent un rôle important en stimulant les fonctions d'adaptation. Elles offrent une préparation exhaustive, fusionnant toutes les aptitudes requises à un niveau d'intensité dépassant celui de l'entraînement habituel. En compétition, les athlètes se transcendent, atteignant leurs limites ultimes, un exploit difficile à reproduire à l'entraînement.

Les charges d'entraînement spécifiques concernent les exercices reflétant la gestuelle propre à l'activité, ciblant des fonctions majeures exprimées en compétition. Reproduire fidèlement les

mouvements, la coordination et les réactions musculaires et végétatives est primordial (Platonov, 1988).

Les charges d'entraînement générales englobent les exercices non spécifiques à l'activité, développant des qualités physiques fondamentales. Les charges d'entraînement analytiques se concentrent sur des exercices inhabituels, exploitant les avancées technologiques pour solliciter pleinement les capacités de l'organisme. Une connaissance approfondie de l'activité est requise pour définir ces exercices (Platonov, 1988).

Les nouvelles méthodes d'entraînement permettent d'optimiser la mobilisation des ressources fonctionnelles de l'athlète, nécessitant une expertise pointue pour concevoir des exercices analytiques adaptés.

Chaque athlète est unique, avec des caractéristiques physiologiques et biomécaniques qui lui sont propres. Leur capacité à s'adapter à l'entraînement varie en fonction de nombreux facteurs, notamment l'hérédité, l'expérience sportive et la motivation. Ainsi, un programme d'entraînement aura des effets différents sur chaque individu, car les réponses aux stimuli sont hautement personnalisées. Bien que chaque sportif ait des limites d'adaptation, celles-ci dépendent de sa capacité fonctionnelle et de la manière dont il est sollicité. C'est pourquoi il est essentiel d'individualiser la charge d'entraînement pour optimiser les performances de chaque athlète.

### ***1.2.3. La particularité de la charge d'entraînement.***

La performance d'un athlète dépend étroitement des ajustements découlant de ses séances d'entraînement et de ses compétitions. Ces ajustements sont largement influencés par la spécificité de sa discipline sportive et par la charge de travail imposée à son corps. Cette charge de travail est déterminée par l'intensité, la durée et la fréquence des exercices. Le principe de spécificité de la charge d'entraînement exige que les séances d'entraînement soient spécifiques afin de cibler les systèmes physiologiques nécessaires à l'optimisation de la performance. En effet, les réponses du corps, que ce soit au niveau cardio-respiratoire, musculaire ou métabolique, dépendent de la nature spécifique de la discipline pratiquée. Il est essentiel de définir précisément chaque charge d'entraînement, en tenant compte des exercices effectués et de leurs effets particuliers. Ces effets sont largement influencés par le niveau de forme physique

et les qualités psychologiques de l'athlète. Par conséquent, une séance d'une heure à intensité légère n'aura pas le même impact sur un athlète que sur un autre. La spécificité de la charge d'entraînement réside dans sa capacité à stimuler un ensemble de fonctions et de métabolismes selon un ordre hiérarchique précis. Comprendre les effets induits par chaque type de charge permet de concevoir des programmes d'entraînement adaptés. Les charges sélectives ciblent spécifiquement un système fonctionnel, tandis que les charges générales sollicitent plusieurs systèmes à la fois. Cependant, il est important de noter qu'une charge ne peut pas agir exclusivement sur un seul système, mais peut maximiser l'activation de certains tout en minimisant celle d'autres.

#### ***1.2.4. Objectivité de la charge d'entraînement.***

Pour optimiser les performances d'un athlète, un entraînement structuré est essentiel. Cela implique une alternance entre des périodes intenses et des périodes plus légères pour permettre à l'organisme de récupérer tout en progressant. Un modèle efficace consiste à s'entraîner intensivement pendant trois semaines, suivies d'une semaine de récupération active, où l'intensité est réduite mais où des rappels d'exercices intenses sont intégrés. Cela garantit une progression constante sans risque de stagnation ou de régression.

#### ***1.2.5. Progressivité de la charge d'entraînement.***

Pour optimiser les performances sportives et éviter le surentraînement, une répartition judicieuse des charges d'entraînement est essentielle. Cette approche permet à l'organisme de s'adapter progressivement à des niveaux supérieurs sans risque de fatigue excessive. En assimilant ces charges, le corps subit des changements structurels et fonctionnels favorisant une amélioration de la capacité de performance. La progressivité de l'entraînement, réalisée par une augmentation graduelle de la charge de travail, stimule cette adaptation continue. Cependant, maintenir une charge constante ou stéréotypée peut freiner cette progression. Il est donc important de quantifier et d'ajuster la charge d'entraînement annuellement pour garantir une évolution durable des performances sportives.

#### ***1.2.6. Surcharge d'entraînement (entraînement sur-critique).***

L'athlète doit être capable d'assimiler des séances d'entraînement épuisantes pour stimuler son organisme. Cette stimulation externe perturbe son métabolisme et modifie son équilibre

interne, appelé homéostasie. Cette perturbation dépend de l'intensité et du volume de l'entraînement. Une surcharge importante entraîne une désadaptation biologique élevée, mais aussi des mécanismes d'adaptation qui mènent à une surcompensation, amenant l'organisme à fonctionner à un niveau supérieur.

Pour que cette adaptation fonctionnelle se produise efficacement, la récupération doit être adaptée. La surcharge nécessite des exercices différents de ceux habituellement pratiqués, avec une intensité et/ou une durée accrues. La fréquence des exercices et des séances influe également sur la charge d'entraînement, participant ainsi au processus global d'adaptation et de surcompensation de l'athlète.

### ***1.2.7. Intensité de la charge d'entraînement.***

La recherche de l'équilibre optimal entre l'intensité de l'entraînement et la capacité d'adaptation de l'athlète est un élément marquant dans la progression athlétique, l'athlète requiert une charge d'entraînement appropriée pour stimuler sa croissance et son développement.

Dans cette quête de performance, l'intensité joue un rôle déterminant. Toutefois, il est essentiel de comprendre que l'intensité ne se résume pas simplement à la quantité d'effort physique déployé. Elle englobe également la précision et la pertinence de cet effort par rapport aux objectifs spécifiques de l'athlète.

Un entraînement en deçà du seuil minimal requis peut laisser l'athlète dans une zone de confort, où les adaptations physiologiques et les progrès sont limités.

À l'inverse, une intensité excessive peut mener à une détérioration des performances et même à des blessures, un entraînement excessivement intense peut consumer les réserves énergétiques de l'athlète, le laissant épuisé et vulnérable aux dommages physiques.

Ainsi, la clé réside dans la capacité à trouver le juste équilibre entre l'intensité de l'entraînement et la capacité de récupération de l'athlète. Cela nécessite une approche individualisée, tenant compte des besoins spécifiques de chaque athlète ainsi que des exigences de sa discipline sportive.

En adoptant une approche mesurée et éclairée, les entraîneurs et les athlètes peuvent créer un environnement propice à la croissance et à l'amélioration continue, où l'intensité de l'effort est calibrée avec précision pour atteindre des résultats optimaux.

### ***1.2.8. Durée de la charge d'entraînement.***

La durée et l'intensité de l'entraînement sont des facteurs clés qui déterminent les réponses d'adaptation du corps. Que ce soit une activité spécifique, générale ou analytique, une durée similaire peut engendrer des adaptations différentes. Par exemple, une heure de natation à un rythme soutenu ne produira pas les mêmes effets qu'une heure de course à pied ou de cyclisme à une intensité comparable, ou encore une séance d'entraînement en force ciblant les membres inférieurs.

De plus, la durée pendant laquelle une charge est maintenue est essentiel. Un sprinteur cherchant à améliorer sa vitesse doit absolument réaliser des exercices à haute intensité d'une durée inférieure à 8 secondes. Au-delà de ce seuil critique, le stimulus provoque un changement de spécificité, entraînant des adaptations différentes, notamment sur le plan métabolique (Grappe, F. 2005). Le timing de l'application de la charge de travail est donc un paramètre essentiel à maîtriser. Une durée d'exercice mal ajustée peut entraîner une orientation inappropriée de la charge de travail, compromettant les résultats attendus.

### ***1.2.9. Densité de la charge d'entraînement.***

L'entraînement fractionné se caractérise par des séquences d'efforts suivies de périodes de récupération active. La densité de l'entraînement, qui représente le rapport entre l'intensité de l'effort et celle de la récupération, est essentielle. Les efforts sont toujours réalisés à une intensité supérieure à un seuil critique, tandis que les périodes de récupération permettent une légère récupération, induisant toutefois une fatigue progressive. Cette accumulation de fatigue entre chaque intervalle stimule l'adaptation. Ainsi, la spécificité du stimulus dépend de la densité de l'entraînement, influencée par les intensités des efforts et des récupérations, ainsi que par le nombre de répétitions.

### ***1.3. Les composantes de la CE.***

- Volume : correspond au temps consacré, à la distance parcourue ou au nombre de réalisations effectuées.
- Intensité : correspond à la vitesse d'exécution par rapport à la vitesse maximale de l'individu, ou au poids de la charge additionnelle par rapport à la charge maximale déplacée en musculation.
- Densité : correspond au rapport des alternances de périodes d'efforts et de récupération. C'est ce paramètre qui va permettre de définir un critère de difficulté de l'exercice, et

donc par ricochet, permettre de définir un niveau de charge de séance.

- Complexité : correspond à la quantité d'informations à traiter pour réaliser l'action. La complexité peut donc dépendre des stades perceptifs, décisionnels ou d'exécution.
- Spécificité : correspond au type d'exercice réalisé, de très général à spécifique par rapport à une discipline.
- Fréquence : représente le nombre de sessions consacrées à un objectif spécifique, répétées sur une période déterminée. Cette mesure essentielle permet d'évaluer la complexité d'un microcycle d'entraînement et, par extension, de déterminer son niveau de charge global. Il est délicat de garder à l'esprit l'objectif à atteindre : les charges appliquées doivent être alignées avec cet objectif précis, évitant ainsi de simplement induire de la fatigue.

Optimiser ces paramètres représente le cœur même du processus de programmation d'entraînement, en ajustant ces variables de façon séquentielle ou simultanée afin d'atteindre les objectifs souhaités."

**Tableau N°01** : représentant l'importance accordées aux différents paramètres en fonction de la période de préparation, Matveyev, L. P. (1981).

Période de Préparation	Volume	Intensité	Complexité	Spécificité
<b>Période Extensive</b>	Élevé - Accumulation du volume	Faible - Bas niveau d'intensité	Faible - Exercices de base	Faible - Entraînement généralisé
<b>Période Intensive</b>	Élevé - Maintien du volume élevé	Élevée - Augmentation de l'intensité	Moyenne - Intégration de variations	Moyenne - Entraînement spécifique
<b>Période Compétitive</b>	Moyen - Réduction du volume	Élevée - Maintien de l'intensité élevée	Élevée - Intégration d'exercices Spécifiques	Élevée - Entraînement ciblé sur la compétition
<b>Période de Transition</b>	Faible - Diminution significative du Volume	Faible - Réduction de l'intensité	Faible - Exercices de récupération	Faible - Activités de loisirs ou non spécifiques

### ***1.3.2. L'utilité du calcul de CE***

Calculer une charge de travail à l'intérêt de faire coïncider les niveaux de sollicitation avec l'effet résultant attendu : grande ou très grande sollicitation pour un développement des qualités, sollicitation moyenne.

**Tableau N°02** : représentant l'évaluation du niveau de sollicitation d'une séance, Borg, G. A. (1982).

<b><i>Composante de la charge</i></b>	<b><i>Description</i></b>	<b><i>Effets résultants</i></b>
<b>Intensité</b>	Niveau de difficulté ou d'effort de l'exercice. Peut être mesurée en pourcentage de la force maximale, de la fréquence cardiaque maximale, etc.	Augmentation de la force, de la puissance et de la résistance. Risque accru de blessure en cas de surcharge.
<b>Volume</b>	La quantité totale de travail effectuée pendant la séance d'entraînement, souvent mesurée en nombre de séries, de répétitions ou de temps total d'exercice.	Augmentation de la fatigue musculaire et de la dépense énergétique. Augmentation du potentiel de croissance musculaire et d'amélioration de l'endurance. Risque accru de surentraînement si excessif.
<b>Sollicitation</b>	La combinaison de l'intensité et du volume, reflétant la charge totale imposée au système biologique. Peut être évaluée à l'aide de diverses méthodes, y compris des échelles subjectives de perception de l'effort.	Impact global sur le système neuromusculaire et cardiovasculaire. Réponse hormonale et adaptation aux stimuli de l'entraînement.

### ***1.3.3. La dynamique des CE.***

La modulation des niveaux de charges des microcycles permet de développer ou stabiliser le niveau des ressources.

**Tableau N°03** : la dynamique de la charge d'entraînement, chacune à son approche spécifique, Halson, S. L. (2014).

<i>Phase</i>	<i>Dynamique progressive</i>	<i>Dynamique ondulatoire</i>	<i>Dynamique linéaire</i>	<i>Dynamique dégressive</i>
<b>Développement</b>	Augmentation du volume	Alternance charges importantes et charges moyennes	Niveau identique des charges	Charges importantes en début de cycle, diminution progressive
<b>Stabilisation</b>	Maintien du volume, augmentation de l'intensité/complexité	Alternance charges importantes et charges moyennes	Niveau identique des charges pour stabilisation	Charges importantes en début de cycle, diminution progressive

#### ***1.4. Les méthodes de quantification de la charge d'entraînement.***

La recherche scientifique joue un rôle important dans l'amélioration du sport et la progression des performances. Le football est l'un des bénéficiaires de ces recherches qui ont permis de mieux explorer les techniques de contrôle et de quantification de la CE, permettant ainsi d'éviter les blessures et d'optimiser la performance (Borresen et Lambert, 2009).

Dans le domaine du football, diverses méthodes sont utilisées pour la quantification de la CE y compris :

- ❖ Les méthodes spécifiques aux sports d'endurance
  - ✓ La fréquence cardiaque (FC).
  - ✓ La distance parcourue (DP).
  - ✓ La méthode TRIMPS.
- ❖ Les méthodes de quantification réalisée en laboratoire
  - ✓ La Prise du taux de lactate dans le sang.
  - ✓ La prise de la consommation maximale d'oxygène (V02max).
  - ✓ Les méthodes de technologies portables (Wearable Tech).
  - ✓ La méthode de perception de l'effort (séance-RPE).



### ***1.4.1. Les méthodes spécifiques aux sports d'endurance.***

#### ***1.4.1.1. La fréquence cardiaque***

La FC est considérée comme la méthode objective la plus utilisée pour mesurer la CE et plus précisément la charge interne (la fréquence cardiaque) des athlètes au cours d'un effort physique, de plus elle présentait de nombreuses limites qui peuvent changer la relation entre (FC/CE) dont le niveau de fatigue, l'hydratation, les conditions environnementales et l'altitude.

#### ***1.4.1.2. La distance parcourue.***

Le suivi de la distance parcourue est une autre technique qui consiste à calculer la distance parcourue par l'athlète. Plusieurs études ont été réalisées dans le sport de haut niveau pour déterminer les distances parcourues par les athlètes (Cahill et al., 2013 ; Coughlan et al., 2011). La méthode de suivi de la distance parcourue est utilisée afin de permettre la quantification de la charge externe « distance ». Cette méthode est plus spécifique aux efforts d'endurance, par contre cet indicateur « distance » n'est pas un bon marqueur pour évaluer l'intensité de l'effort durant des activités intermittentes, de force et mixtes (Foster et al., 2001).

#### ***1.4.1.3. La méthode TRIMPS (Training Impulse Score).***

Cette méthode objective a pour but la quantification de la CE grâce à l'évolution de la fréquence cardiaque durant un effort physique. La méthode TRIMPS peut être calculée de plusieurs manières, selon la méthode de Banister et Calvert (1980), celle-ci est calculée en fonction de la durée et de l'intensité de l'effort :

- $TRIMPS = \text{durée de la séance (minute)} \times (\text{facteur A} \times MC \times \exp(\text{facteur B} \times t.FC))$   
 $t.FC \text{ ratio} = \frac{FC \text{ Moy} - FCR}{FC \text{ max} - FCR}$
- Facteur A, Facteur B : coefficient pondérateur qui dépend de la fréquence cardiaque (exponentiellement croissant) durant un effort physique.

Pour les Femmes : Facteur A= 0.86 et Facteur B= 1.67 Pour les Hommes : Facteur A= 0.64 et Facteur B= 1.92

Ensuite Edwards 1993 a utilisé la même méthode sauf qu'il a mis des zones de fréquences cardiaques afin de déterminer la valeur précise de l'intensité de l'effort effectué (Castagna et al., 2011 ; Edwards, 1993)

- 1- 50-60%
- 2- 60-70
- 3- 70-80%
- 4- 80-90%
- 5- 90-100%

Donc, la formule pour calculer les TRIMPS prend la forme suivante :

***TRIMPS =Durée dans chaque zone d'intensité (min) x coefficient correspondant***

$$= (\text{Durée zone 1} \times 1) + (\text{Durée zone n} \times n) \dots + (\text{Durée zone 5} \times 5)$$

Lucia (2003) a réalisé des modifications sur les zones d'intensité et les coefficients de chaque zone. La formule de calcul demeure essentiellement la même, c'est-à-dire, la durée dans chaque zone d'intensité (min) x coefficients correspondant (1, 2 ou 3), donc la formule devient :

$$\mathbf{TRIMPS = (Durée zone 1 \times 1) + (Durée zone 2 \times 2) + (Durée zone 3 \times 3)}$$

Toutefois, ces méthodes sont inadéquates pour les sports intermittents et de haute intensité (sports collectifs, musculation), car la fréquence cardiaque ou la distance parcourue n'est pas toujours un bon indicateur de l'intensité de l'exercice physique (Roy,2013).

#### ***1.4.2. Les méthodes de quantification réalisées en laboratoire.***

##### ***1.4.2.1. La Prise du taux de lactate dans le sang.***

Cette méthode consiste à faire un prélèvement à l'aiguille sur le bout des doigts de l'athlète à l'aide d'un analyseur portatif de lactate permettant de quantifier les efforts intermittents (Bonaventura et al., 2015 ; Pyne et al., 2000).

##### ***1.4.2.2. Détermination de la consommation maximale d'oxygène (VO2max).***

Cette méthode s'effectue en laboratoire, elle consiste à mesurer le taux d'oxygène total qu'un athlète peut extraire lors d'un effort dont l'intensité augmente progressivement jusqu'à l'arrêt. Les mesures des échanges gazeux au cours de ce test sont effectuées grâce aux différents

appareils tels le sac de Douglas, le K4b2. IL est conseillé aux joueurs de football de réaliser ce test sur un tapis roulant, dans le but de se rapprocher de la nature du jeu (Stol en et al., 2005).

L'application de ces méthodes en sports collectifs est difficile à appliquer, car elle nécessite beaucoup de temps pour effectuer la collecte des données, et de plus, elle doit se faire en laboratoire. (Foster et al., 2001 ; Lambert et Borresen, 2010).

#### ***1.4.3. Les méthodes de technologies portables (Wearable Tech).***

Récemment, les appareils technologiques portables ont bénéficié du rôle de la médiatisation et de l'exposition commerciale pour réaliser des gains énormes lors des ventes de ces produits efficaces aux quatre coins de la planète. L'utilisation accrue de ce savoir-faire durant ces dernières années ainsi que l'augmentation du taux des ventes expliquent le succès et la réussite de cette technologie (Charlot, 2013).

Le progrès de la technologie a permis aux entraîneurs et aux préparateurs physiques de contrôler les mouvements des joueurs, les charges d'entraînements (Varley et al. ,2012) grâce à l'utilisation de ces appareils sophistiqués. Ces derniers ont pour but principal d'optimiser la performance et de prévenir les blessures grâce à un suivi spécifique qui permet d'identifier l'apparition précoce de la fatigue et ensuite de l'éviter.

Certains produits sont disponibles depuis quelques années dont les :

- Capteurs de mouvement ;
- Capteurs physiologiques.

Parmi les capteurs de mouvement :

- Le podomètre : un appareil qui permet de calculer le nombre de pas effectué, il est considéré comme le capteur de mouvement le plus simple et aussi le plus souvent utilisé. Malheureusement, le podomètre présente certaines limites telles que, l'incapacité à détecter les changements de direction, l'invalidité à calculer les dépenses énergétiques (Crouter et al., 2003) •
- L'accéléromètre : ce capteur est capable de percevoir les mouvements sous plusieurs dimensions, il permet aussi d'estimer la dépense énergétique afin d'évaluer l'intensité

d'une activité afin de quantifier certains paramètres physiologiques comme la dépense énergétique et la fréquence cardiaque.

Le système mondial de positionnement (GPS) est un système de géolocalisation par satellite créé par l'armée américaine. Certains dispositifs comme le Vivofit et Vivo Active, Polar M400 et le FitBit ont introduit ce système (GPS) dans des appareils portables qui permettent d'afficher plusieurs données comme le kilométrage,

Parmi les capteurs physiologiques :

- Les moniteurs de surveillance de la fréquence cardiaque : ces dispositifs permettent de quantifier l'intensité de l'effort grâce à la fréquence cardiaque. Ces dernières années de nouveaux moniteurs de fréquence cardiaque ont été développés et intégrés dans des téléphones intelligents et des bracelets (Polar Electro, Suunto). Ce dispositif a été exploité dans plusieurs études qui ont été réalisées pour divers sports y compris le basketball, football. ECT
- Les capteurs de chaleurs : ce sont des capteurs cutanés permettant d'évaluer et de contrôler la température corporelle centrale d'un athlète au cours des activités athlétiques, malheureusement ces capteurs présentent des limites causant des irritations de la peau et parfois un manque de fiabilité lors de l'estimation de la dépense énergétique pendant les exercices de haute intensité (Noonan et al., 2012).
- Les capteurs intégrés : ces dispositifs ont été développés pour être utilisés dans des activités physiques afin de détecter les mouvements des athlètes (Johnstone et al., 2012 ; Portas et al., 2010). Ces technologies électroniques et informatiques sont constituées d'un capteur physiologique sans fil placé sur des objets bien précis (vêtements, chaussures, montre, lunettes, bracelets, etc.). Parmi ceux-ci, il y a le t-shirt de sueur développé la société canadienne Hexoskin en 2014 et qui a pour objectif de mesurer la concentration en calcium et en potassium afin de déterminer l'état de fatigue de l'athlète.

#### ***1.4.4. La méthode de perception de l'effort (séance-RPE).***

Cette méthode permet de mesurer la CE pour des activités à intensités variées (endurance, musculation, force, etc.), elle prévient l'apparition du surentraînement et des blessures.

Les avantages de cette méthode : elle est économique du point de vue financier et facile à utiliser. Le score de l'effort perçue (RPE Rating of Perceived Exertion) a été créée par Foster (1998). En parallèle avec les mesures physiologiques, on peut avoir une mesure précise tout en

posant une simple question à l'athlète sur la difficulté de l'effort. En échange, l'athlète utilise sa propreperception afin de répondre et de donner une note de l'effort perçu durant une séance d'entraînement ou de compétition. L'auteur a constaté que l'organisme humain fonctionne de la manière suivante : *réception -perception- réaction*.

En fait, c'est grâce aux récepteur sensoriels que le système nerveux central reçoit l'information sous forme de stimuli internes (diminution du taux des réserves énergétiques, diminution du taux de O<sub>2</sub> dans le sang ...) et par la suite l'information sera transmise au centre de traitement de l'information par l'intermédiaire des neurones sensoriels (Spence et Mason, 1983). Ces changements physiologiques renseignent le système nerveux central de l'état de fatigue du corps humain et c'est ainsi qu'on pourrait estimer la difficulté de chaque séance d'entraînement ou de compétition.

### ***1.5. Périodisation des charges d'entraînement en Football.***

La nécessité d'une progression graduée de la charge d'entraînement (CE) tout au long de la préparation et d'une période d'affûtage avant la compétition est bien établie dans la littérature sportive (Dawson, 1996 ; Rowbottom, 2000 ; Coutts et al., 2007c). Cependant, ces principes de périodisation sont souvent sous-représentés dans les études portant sur les sports d'équipe, comme le football. Les contraintes particulières des sports collectifs, avec des compétitions régulières toutes les quelques jours pendant une saison prolongée, rendent la gestion de la fatigue et du pic de forme des joueurs extrêmement complexe.

Les entraîneurs font face à un défi de taille pour concevoir des programmes d'entraînement qui permettent une récupération adéquate entre les matchs, tout en maintenant un niveau de performance optimal. Malheureusement, il existe un manque criant de preuves scientifiques décrivant et comparant les stratégies de périodisation pour les athlètes de haut niveau dans les sports d'équipe (Coutts et al., 2008).

En somme, la recherche et la mise en pratique de techniques de périodisation adaptées aux sports collectifs demeurent des domaines de développement essentiels pour les entraîneurs et les athlètes cherchant à optimiser leurs performances tout au long de la saison compétitive.

#### ***1.5.1. Méthodes de quantification de l'entraînement en Football.***

Il existe peu de méthodes valides et fiables de quantification de l'entraînement qui puissent facilement être appliquées dans un environnement d'équipe. Il existe un certain nombre de méthodes qui peuvent être utilisées pour quantifier l'entraînement en équipe et celles-ci peuvent

être utilisées pour mesurer que ce soit le travail externe effectué par les joueurs (exp. distance parcourue) que le travail interne subi par ceux-ci (Ex, fréquence cardiaque, lactatémie ou bien perception de l'effort).

Certaines des techniques qui sont actuellement utilisées pour quantifier la CE dans les sports d'équipe nécessitent l'utilisation de cardiofréquencesmètres pour mesurer la fréquence cardiaque (FC) et/ou de GPS (système Global Positioning Satellite). Bien que ces méthodes puissent donner des informations très précises sur le stress d'entraînement subi par les joueurs, elles présentent certains facteurs limitants qui peuvent freiner leur utilisation généralisée dans les clubs de FB. Plus précisément, ces appareils peuvent être onéreux, demander un haut niveau d'expertise technique, et l'analyse des données nécessite beaucoup de temps. De plus, ces méthodes ne peuvent pas être utilisées pour comparer le stress imposé par diverses formes d'entraînement communément utilisés en sports collectifs (ex : entraînement aérobie vs. Entraînement de puissance). Combinés, ces facteurs limitent l'utilité pratique de ces techniques pour contrôler la périodisation des CE au sein des équipes. Heureusement, la méthode de quantification des CE par la méthode RPE a été développée (Foster et al, 1995). Cette méthode-RPE permet désormais aux entraîneurs de quantifier l'entraînement par conséquent, de mieux contrôler.

### ***1.5.2. Explication de la méthode-RPE.***

La méthode-RPE pour contrôler la CE chez les joueurs d'équipes nécessite que chaque joueur donne sa perception de la difficulté de l'effort (RPE, Rating of Perceived Exertion en Anglais) pour chaque séance d'entraînement avec une mesure de la durée de la séance (Foster et al, 2001). Pour calculer l'intensité de la séance, les joueurs sont questionnés dans les 30 minutes suivant la fin de la séance par une simple question « Comment as-tu ressenti la séance ? » Un simple nombre représentant l'amplitude de la CE est ensuite calculé par la multiplication de l'intensité de la séance (RPE du figure N°01) par la durée de la même séance (min).

## ÉCHELLE DE BORG MODIFIÉE

Cote	Perception
0	Rien du tout
0,5	Très très facile
1	Très facile
2	Facile
3	Moyen
4	Un peu difficile
5	Difficile
6	
7	Très difficile
8	
9	
10	Très très difficile (presque maximal)

## LÉGENDE :

	Intensité faible
	Intensité modérée
	Intensité élevée

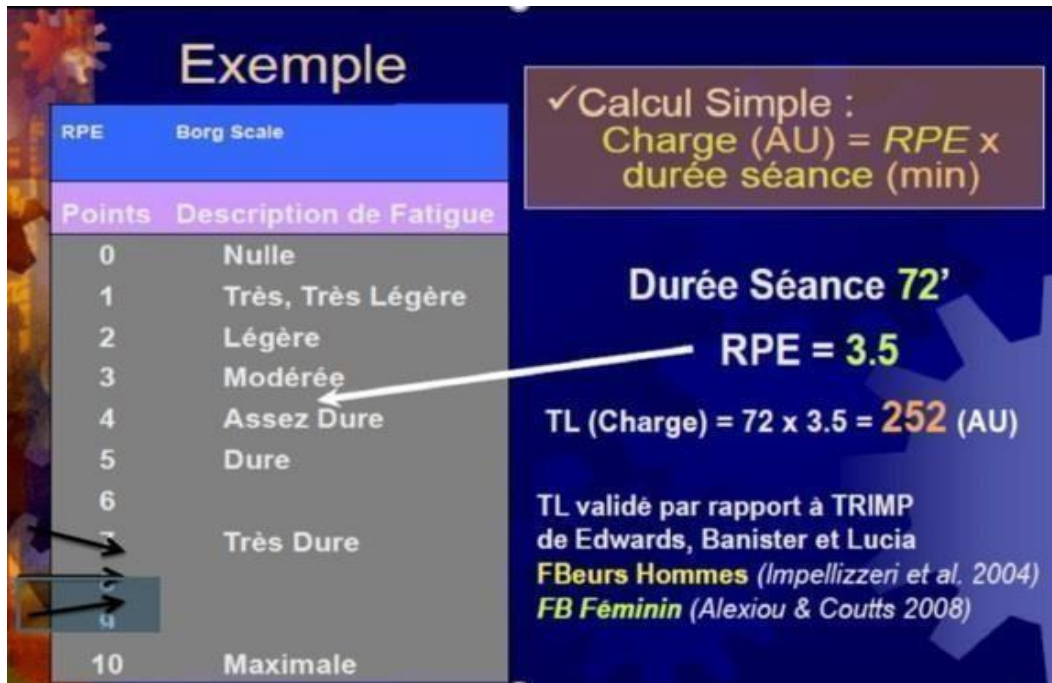
**Figure N°01** : Échelle Borg CR-10 modifiée de Foster, Source : Foster et al. (2001).

❖ *Calculer la CE*

$$CE = RPE \text{ de la séance } \times \text{ durée (min)}$$

Par exemple, pour calculer la CE pour une séance de 72 min de durée avec des joueurs ayant donné une RPE de 3,5 les calculs suivants sont effectués :

$$CE = 3,5 \times 72 = 252 \text{ UA (Unités Arbitraires).}$$



**Figure N°02** : représentant un exemple de calcul la charge d'entraînement.

De simples calculs successifs de "Monotonie" et de "Contrainte" de l'entraînement peuvent aussi être effectués à partir des variables de RPE. La Monotonie d'entraînement est une mesure de la variabilité jour-par-jour qui a été corrélée au début du surentraînement, quand un entraînement monotone est combiné à des CE élevées (Foster, 1998). En effet, il a auparavant été démontré dans ce contexte chez des chevaux de course, qu'une constance de la CE est aussi importante que la somme des CE en elles-mêmes (Bruin et al, 1994). Il a été observé que les chevaux pouvaient tolérer des augmentations progressives de la CE tant que des journées d'entraînement légères venaient s'intercaler entre les journées à charges élevées. Cependant, une fois que les CE des journées de « récupération » étaient augmentées, les performances des chevaux diminuaient et ils montraient des signes de fatigue aigue. Ces données peuvent avoir d'importantes implications en FB et suggèrent qu'un entraînement avec une monotonie basse (c'est-à-dire une plus grande variation des CE) pouvait prévenir la survenue de blessures, de pathologies et améliorer la performance.

#### ❖ *Calculer la monotonie*

La monotonie est un indicateur de la variation de la charge d'entraînement. Pour progresser et éviter les blessures, il est important d'avoir des entraînements variés, et des cycles avec des séances spécifiques. Cet indicateur vérifie ainsi la diversité de l'entraînement, et la condition probable du sportif. Plus cet indicateur est bas, mieux c'est. (Foster, 1998 : diminution de la



capacité de performance et apparition de la fatigue au-delà d'un indice de 2, survenue des blessures au-delà de 2,5). Le calcul se fait par la formule suivante : charge moyenne hebdomadaire / écart type de la charge sur la semaine.

Par exemple, pour calculer la CE pour l'entraînement décrit dans le tableau 4, les calculs suivants seraient effectués :

**Étape 1 :** Calculer la CE quotidienne moyenne pour la semaine.

Somme ( $\Sigma$ ) toutes les CE quotidiennes divisées par le nombre de jours.  $\Sigma (0, 244, 240, 210, 315, 100, 135, 540) / 7 = 223$  UA.

**Étape 2 :** Calculer l'écart type des CE quotidiennes moyennes sur la semaine.

Ecart type (ET) =  $\sqrt{((\Sigma d^2) / (N-1))}$  Foster et al (2001).

**Tableau N°04 :** exemple de calcul de CE quotidienne moyenne, l'écart type des CE quotidiennes moyennes sur la semaine.

Score de quotidienne X	CE CE quotidienne hebdomadaire moyenne (X - 223)	- CE Différence <sup>2</sup>  d <sup>2</sup> (d x d)
0	0-223 = -223	(-223) <sup>2</sup> = 49715
244	244-223 = 21	(21) <sup>2</sup> = 432
240	450-223= 227	(227) <sup>2</sup> = 51529
315	315-223 = 92	(92) <sup>2</sup> = 8470
100	100-223 = -123	(-123) <sup>2</sup> = 15121
135	135-223 = -88	(-88) <sup>2</sup> = 7739
540	540-223 = 317	(317) <sup>2</sup> = 100509
	$\Sigma$	233514

N = Nombre de jours (7), N-1 = 7-1 = 6

ET =  $\sqrt{(233514/6)} = \sqrt{(38919)} = 197$ .

N = Nombre de jours (7), N-1 = 7-1 = 6

ET =  $\sqrt{(233514/6)} = \sqrt{(38919)} = 197$ .

**Étape 3 :** Monotonie d'entraînement =  $223/197 = 1.13$  UA.

**Tableau N°05** : Exemple de CE d'une semaine typique, avec la monotonie et la contrainte d'entraînement au sein d'une équipe professionnelle de FB en cours de saison compétitive.

<b>Jour</b>	<b>Activité</b>	<b>RPE Séance</b>	<b>Durée (min)</b>	<b>CE Quotidienne</b>
Lundi	Repos	0	0	0
Mardi	TecTac et Endurance	3.25	75	244
Mercredi	Force et Puissance Aérobie	4	60	240
	TecTac	3	70	210
Jeudi	Sprints et Jeu d'application	3.5	90	315
Vendredi	TecTac et Coordination	2	50	100
Samedi	TecTac, Agilité et sprints courts	2.25	60	135
	Match	6	90	540
<b>Dimanche</b>	CE hebdomadaire			<b>1784</b>
	Monotonie ([CE Moyenne / ET])			1.13
	Contrainte ([CE x monotonie] = 1784 x 1.58)			2019

TecTac : séance technico-tactique

### ❖ *Calculer la contrainte*

La contrainte est un indicateur permettant de déceler un entraînement inadapté. Il peut signifier une fatigue et un surentraînement.

$$\text{Contrainte d'entraînement} = \text{CE hebdomadaire} \times \text{monotonie}$$

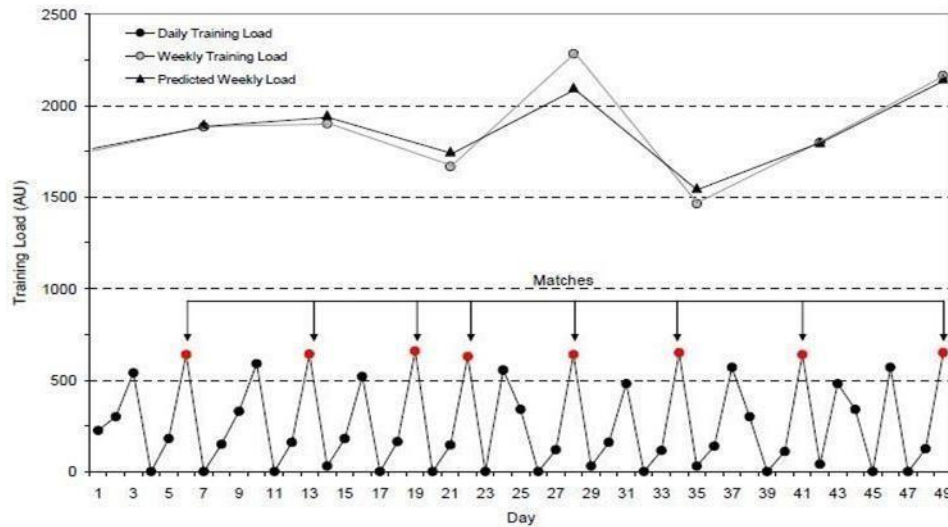
Un exemple de calcul de la contrainte d'entraînement hebdomadaire pour l'entraînement illustré dans le tableau 2, est obtenu par les calculs suivants :

$$(\Sigma (0, 244, 240, 210, 315, 100, 135, 540) / 7) \times 1.58 = 2815.$$

$$\text{Contrainte d'entraînement} = 1784 \times 1.58 = 2815 \text{ UA.}$$

Bien que ces calculs puissent paraître compliqués à première vue, avec l'assistance d'une feuille de calcul sur tableur (ex. Excel), ou par assistance d'un logiciel « on-line », les calculs sont simplifiés et à la portée. De plus, en saisissant les données sur une feuille de calcul ou une base de données, les tendances de l'équipe entière, des sous-groupes de joueurs dans une équipe, ou bien des joueurs bien déterminés peuvent être illustrées sur des graphiques pour déterminer si la CE ou la contrainte d'entraînement reflètent bien celles qui sont planifiées préalablement pour la semaine ou la saison (Figure 03).

**Figure N°03** : Un exemple de CE prévue et observée pour une équipe professionnelle durant la période compétitive, (Aaron James Coutts, Karim Chamari, Franco M Impellizzeri, Ermanno Rampinini, 2008)



❖ *Calculer le fitness (ou forme).*

Le fitness est un indicateur de la capacité de performance de l'athlète. Plus il est élevé, et plus l'athlète est théoriquement en forme.

Il se calcule par la formule suivante :

$$\text{Indice de fitness} = \text{Charge d'entraînement hebdomadaire} - \text{Contrainte d'entraînement.}$$

Ex :  $1784 - 2815 = -1031$ .

**I.5.3. Bases scientifiques de la méthode-RPE.**

**I.5.4. La méthode-RPE est utile dans l'entraînement de football.**

Dans les sports d'équipe, les séances d'entraînement sont souvent multifacettes, englobant divers éléments tels que l'échauffement, l'entraînement de la vitesse et de l'agilité, les aspects techniques, l'endurance, les séances axées sur la lactatémie, le développement de la puissance aérobie, le renforcement musculaire, et bien d'autres. Mesurer précisément le stress d'entraînement à travers ces différentes dimensions physiologiques peut s'avérer complexe.

Cependant, en utilisant la perception subjective de l'intensité de l'effort par les athlètes (RPE), il devient possible de quantifier de manière plus globale le stress total induit par chaque séance.

#### ***1.5.5. Surveiller l'intensité de l'entraînement en football à l'aide de la méthode-RPE.***

En adoptant une approche proactive dans la gestion du stress d'entraînement, il est maintenant possible de mieux appréhender et quantifier le stress physiologique que les athlètes endurent. Grâce à une surveillance régulière et attentive, les seuils individuels de tolérance à l'entraînement peuvent être établis, offrant ainsi une compréhension plus fine des charges d'entraînement optimales et permettant d'optimiser les performances sportives.

En utilisant les indices d'entraînement élaborés par Foster en 1998 (voir Tableau 1), les risques de surcharge sont réduits, ce qui diminue considérablement les probabilités de surentraînement ou de blessures. Cette approche pratique de mesure du stress d'entraînement permettra d'acquérir une compréhension plus approfondie de ce qui constitue un entraînement optimal, conduisant ainsi à des performances maximales sur le terrain.

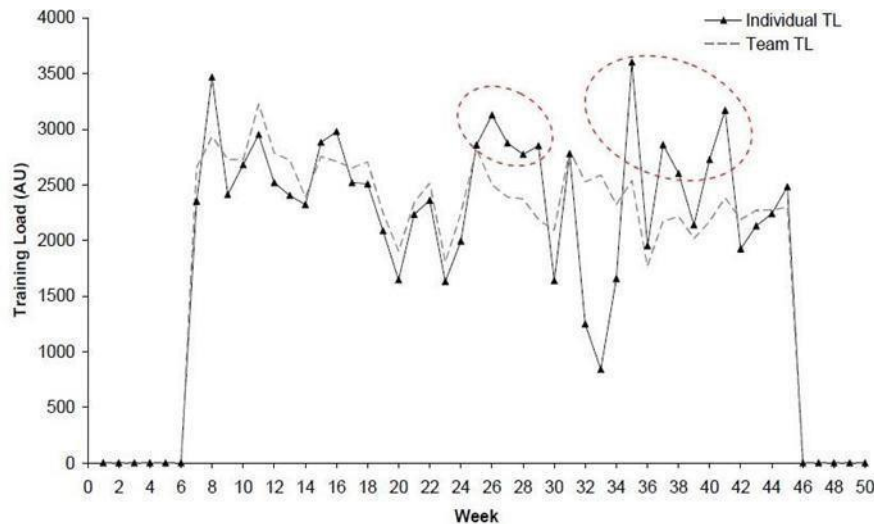
La méthode RPE (Rate of Perceived Exertion), utilisée pour évaluer le stress d'entraînement, s'avère également pertinente pour les sports d'équipe. Elle permet aux entraîneurs de combiner de manière précise les différentes composantes de l'entraînement et d'obtenir une estimation globale du stress subi par les athlètes. Contrairement aux méthodes traditionnelles telles que les TRIMPS (Training Impulse) basés sur la fréquence cardiaque (Banister et al, 1975) ou la durée de l'entraînement, la méthode RPE facilite la comparaison et la quantification du stress induit par différentes modalités d'entraînement au sein d'une même séance ou entre différentes séances.

#### ***1.5.6. La charge prévue VS charge ressentie.***

Idéalement, les perceptions de la charge d'entraînement devraient correspondre entre l'athlète et l'entraîneur pour que l'adaptation soit optimale, en supposant que le plan que l'entraîneur a utilisé est scientifiquement et de façon optimale planifié. Plusieurs études ont révélé une certaine controverse entre les entraîneurs et les perceptions des athlètes à l'égard de la CE, par contre d'autres études indiquant une relation relativement élevée.

Cette dissociation entre la CE prévue et réellement subie peut-être un indicateur précoce que le joueur concerné n'arrive pas à supporter le stress de l'entraînement. Ceci pourrait suggérer que le joueur n'a pas récupéré de façon adéquate des séances d'entraînement précédentes à cause d'une augmentation des dégâts musculaires (Marcora et Bosio, 2007), ou de la diminution

des stocks musculaires d'hydrate de carbone (Jeukendrup et al, 1992 ; Snyder, 1998). Des études scientifiques bien contrôlées ont montré que ces modifications physiologiques peuvent causer une augmentation de la perception de l'effort à des séances d'entraînement standard (Jeukendrup et al, 1992 ; Marcora et Bosio, 2007) (Alexandre Dellal, 2008).



**Figure N°04 :** La dissociation entre la charge planifiée et la charge observée pour un joueur peut déceler son inadaptation au stress de l'entraînement, (Aaron James Coutts, Karim Chamari, Franco M Impellizzeri, Ermanno Rampinini, 2008)

#### ***1.5.7. Identifier les athlètes qui ne parviennent pas à s'ajuster à la charge d'entraînement.***

Notre expérience a révélé que les jeunes joueurs, en particulier ceux qui font leurs débuts dans la catégorie senior pour la première fois, ainsi que les joueurs plus âgés et ceux dont les capacités physiques sont réduites, ont tendance à donner des scores de RPE (perception de l'effort fourni) plus élevés pour des séances d'entraînement similaires, surtout lors de périodes d'entraînement intense. En surveillant de près leurs réponses en termes de RPE, nous sommes en mesure d'évaluer leur capacité à s'adapter aux exigences de l'entraînement. Par exemple, nous avons remarqué que les nouveaux joueurs seniors, lors de leur première année dans le monde professionnel, rapportent généralement des charges d'entraînement environ 10 à 15 % plus élevées que leurs coéquipiers plus expérimentés. Cette tendance pourrait être attribuée au fait que les jeunes joueurs n'ont pas encore établi une base physiologique solide ni développé des qualités fondamentales telles que la force et l'endurance. De plus, il est possible qu'une saison entière d'entraînement soit nécessaire pour que les jeunes joueurs s'adaptent aux exigences physiologiques du jeu et de l'entraînement au niveau professionnel. Par ailleurs, les joueurs ayant des capacités physiques relativement faibles peuvent percevoir un entraînement standard comme étant bien plus exigeant que leurs coéquipiers bénéficiant de meilleures qualités

physiques. Ainsi, il semble que les joueurs signalant des scores de RPE plus élevés pourraient présenter des niveaux de forme physique relativement plus faibles.

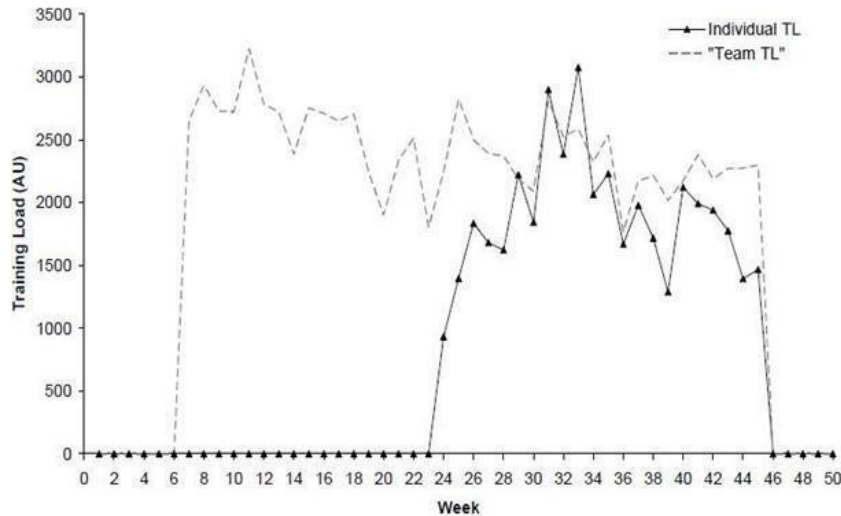
❖ *L'orientation de la charge.*

L'orientation des charges est définie par la qualité ou la capacité que celle-ci développent (vitesse, force, souplesse, coordination etc....) le système fonctionnel qu'elles sollicitent (processus aérobie ou anaérobie) et en fin par les ressources auxquelles elles font appel (capacité de coordination, tension mentale etc.) (Vladimir Nikolaevic Platonov, 1988)

D'après (Vladimir Nikolaevic Platonov, 1988) L'orientation sélective d'une charge peut être déterminée par son intensité, c'est en effet d'elle que dépend le système d'apport énergétique mobilisé.

***1.5.8. Gérer la charge d'entraînement lors de la réadaptation suite à une blessure.***

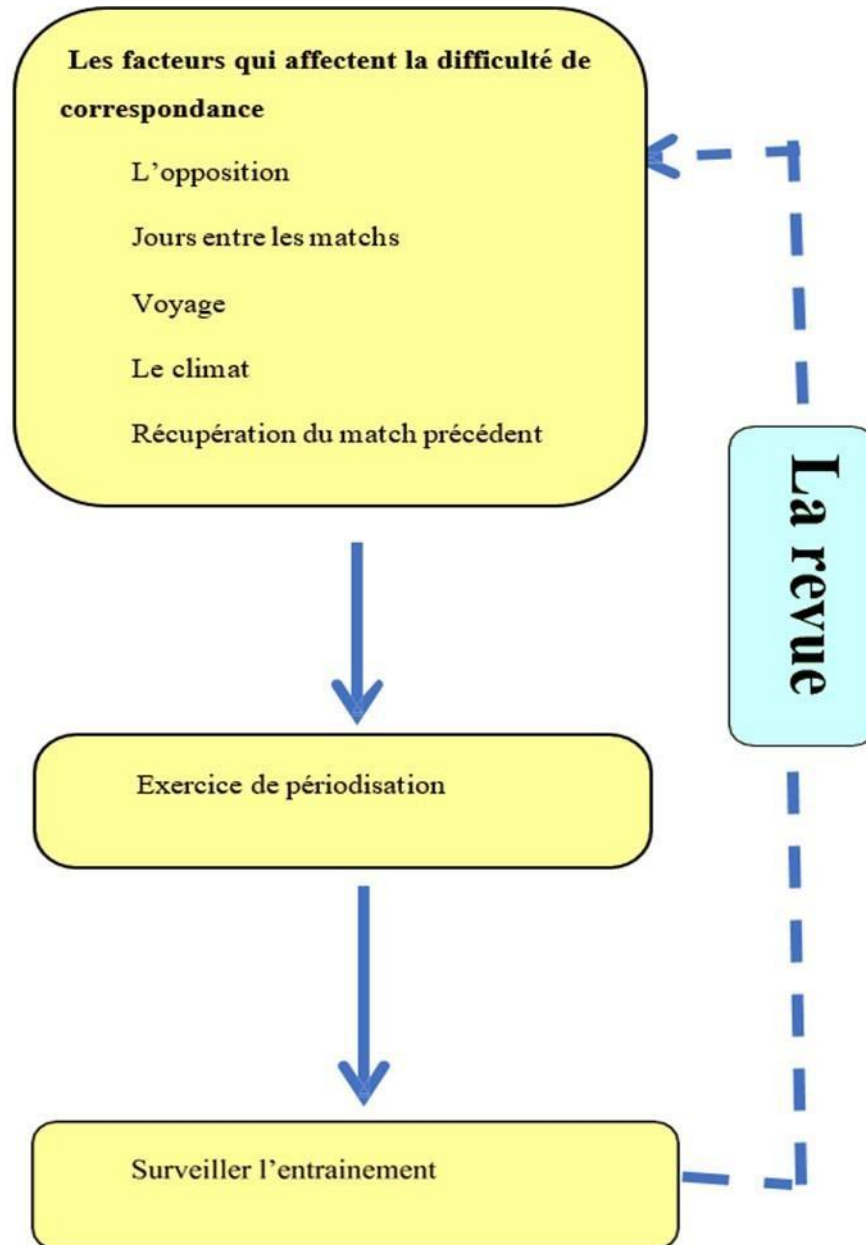
L'utilisation de la méthode RPE présente également l'avantage de réguler la progression des athlètes après une blessure ou pendant la réhabilitation. En définissant des critères de charge d'entraînement à atteindre avant le retour à la compétition, les entraîneurs et les professionnels de la santé peuvent s'assurer que les joueurs récupèrent de manière appropriée et évitent les risques de rechute. De plus, en suivant les CE par la méthode RPE, il est possible de surveiller de près la progression des joueurs en rééducation, en ajustant progressivement leurs niveaux d'entraînement pour qu'ils correspondent à ceux de l'équipe. Cela permet non seulement de prévenir les blessures supplémentaires, mais aussi de garantir que les joueurs retrouvent leur forme physique optimale avant de revenir sur le terrain (Figure 5).



**Figure N°05 :** Un exemple de la manière dont le contrôle de la CE peut être utilisé de façon sûre et graduelle avant le retour à l'entraînement avec le groupe après une blessure sérieuse, (Aaron James Coutts, Karim Chamari, Franco M Impellizzeri, Ermanno Rampinini, 2008).

#### ***1.5.9. Gérer efficacement la charge pendant la phase compétitive.***

Les entraîneurs sont souvent confrontés au défi de déterminer les charges d'entraînement (CE) appropriées à prescrire pendant la phase de compétition au cours de la saison. La méthode RPE (notation de l'effort perçu) offre une approche simple et largement utilisée, notamment dans le football. Récemment, une proposition de système utilisant la méthode RPE a été avancée pour permettre aux entraîneurs de planifier de manière objective les CE entre les matchs lors de la saison compétitive de football (Kelly et Coutts, 2007). Ce système a été conçu pour tenir compte de divers facteurs influençant la quantité d'entraînement pouvant être prescrite entre les matchs (voir Figure N°06). Ces facteurs incluent la qualité de l'adversaire, le nombre de jours d'entraînement disponibles entre les matchs et tout déplacement éventuel lié aux matchs à l'extérieur. Nous avons suggéré que la combinaison de ces facteurs puisse servir de guide pour la planification des CE lors des semaines entre les matchs. Par exemple, une équipe se préparant pour un match considéré comme difficile pourrait opter pour une semaine d'entraînement légère afin de minimiser toute fatigue accumulée. En revanche, un match à domicile contre une équipe considérée comme accessible, avec une période d'entraînement plus longue disponible, pourrait offrir l'opportunité d'augmenter les CE afin d'améliorer la condition physique des joueurs.

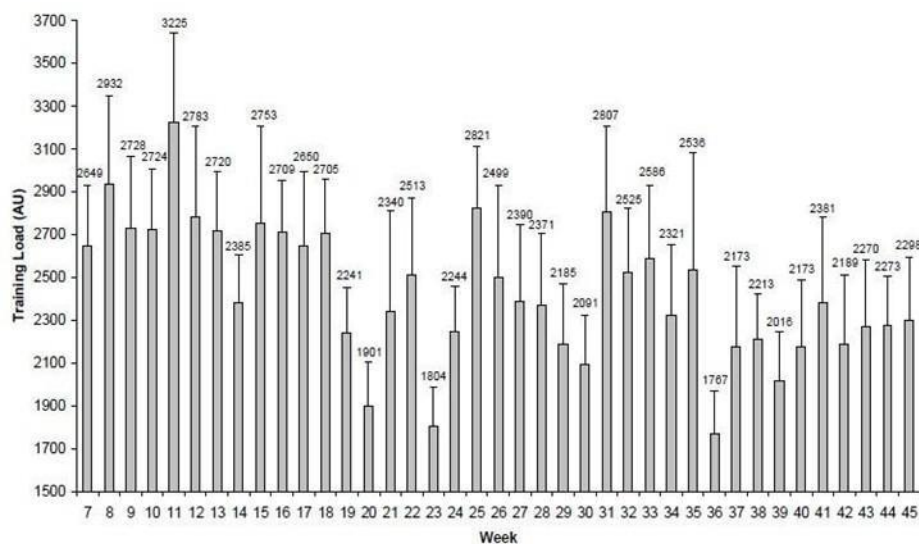


*Figure N°06 : Un modèle schématique suggéré pour planifier l'entraînement au cours de la phase compétitive en FB, Kelly et Coutts (2007).*



### I.6. Charges hebdomadaires.

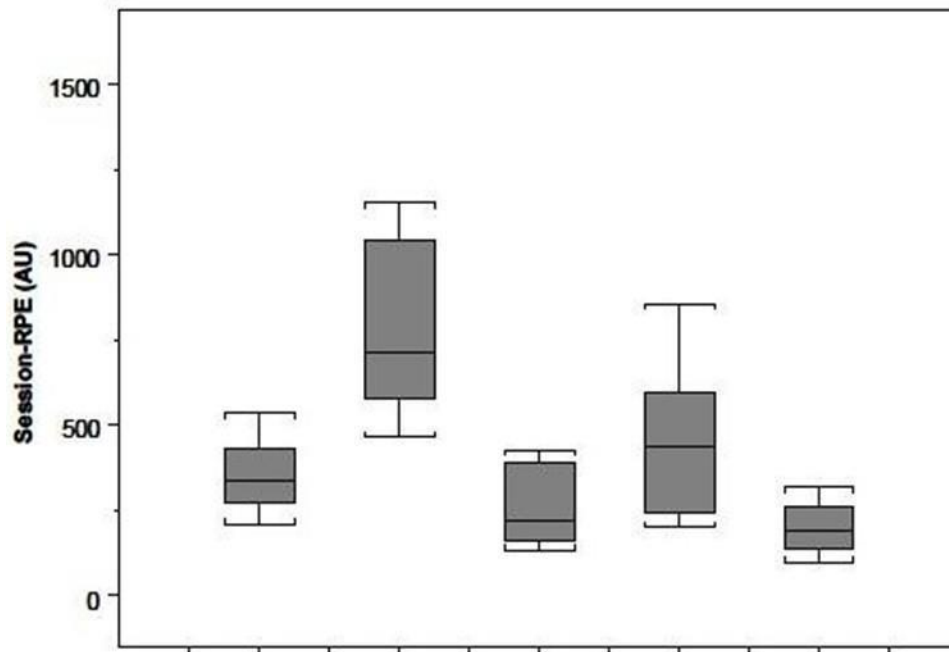
Nos données de joueurs d'élite d'équipes professionnelles montrent que les charges hebdomadaires sont généralement plus élevées dans la phase de préparation d'avant saison (Figure N°07). Il est intéressant de noter que plusieurs équipes de FB paraissent réaliser des CE qui sont plus élevées que les valeurs ( $> 3200$  UA) qui ont été associées à une baisse de performance physique dans les sports d'équipe (Coutts et al, 2007). Cependant notre expérience montre aussi que plusieurs joueurs peuvent tolérer des charges bien au-delà de cette valeur, en football, notamment. Ces recherches montrent qu'il existerait une charge d'entraînement « seuil » chez les footballeurs, toute augmentation ultérieure de charge aurait un impact négatif sur leurs performances. Cependant, indépendamment de ces valeurs, nous recommandons fortement aux entraîneurs d'interpréter les CE qu'ils prescrivent en comparaison à leurs propres joueurs avec une attention particulière sur les changements des valeurs individuelles par rapport aux valeurs individuelles antérieures et aussi en comparaison avec les autres membres de l'équipe. Dans ce contexte, nous suggérons qu'un suivi régulier des CE pendant 2 à 3 mois amènerait l'entraîneur à connaître les plages de CE de ses propres joueurs avec les valeurs correspondant à une bonne forme physique et celles au-dessus desquelles les joueurs sont particulièrement fatigués ou bien ressentant les « jambes lourdes » sur le terrain au cours des matchs.



**Figure N°07 :** Un exemple des CE ( $\pm$ Ecart type) calculées par la méthode-RPE pour une équipe professionnelle Italienne au cours d'une saison entière.

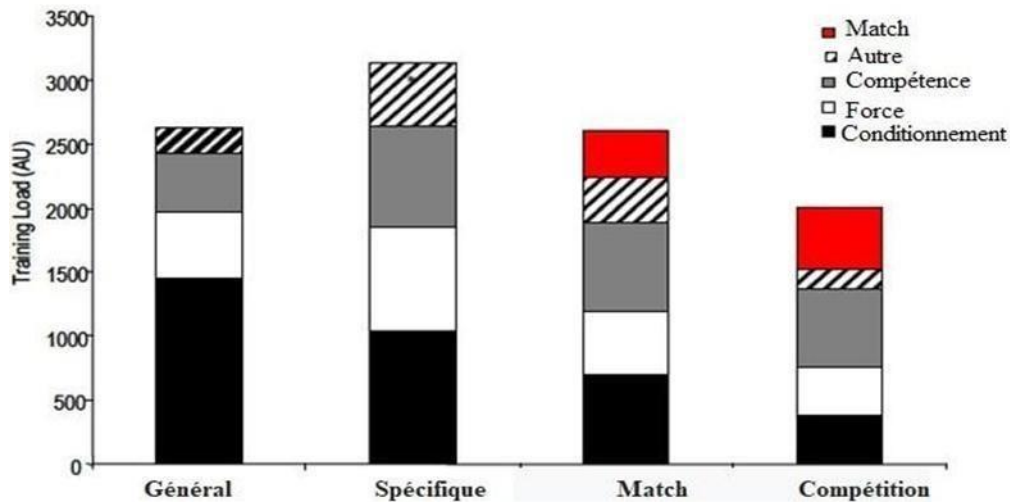
### 1.7. Charges de divers types d'entraînement en Football.

La Figure ci-dessus montre les CE moyennes subies par des joueuses anglaises de football au cours d'une saison. Il est intéressant d'observer que les CE les plus élevées proviennent des matchs et des séances d'entraînement Technico-tactiques. Ceci a aussi été déjà décrit dans d'autres sports d'équipe comme dans le rugby-league professionnel (Coutts et al, 2008) ou bien pour les jeunes joueurs de FB (Impellizzeri et al, 2005) et ceci suggère donc que des moyens de récupération devraient suivre de telles doses élevées de stress physiologique.



**Figure N°08 :** Graphique des Charges d'entraînement selon la méthode-RPE (UA) pour chacune des majeures modalités d'entraînement effectuées au cours de la saison chez des joueuses de FB, Alexiou (2007).

En outre, il a aussi montré que la plupart des équipes procédaient par périodisation des différentes modalités d'entraînement (Coutts et al, 2003 ; Gabbett, 2004). Par exemple, la figure N°09 montre que les CE les plus élevées pour l'entraînement d'endurance et de la force sont effectuées pendant la période de préparation générale en FB par rapport aux autres périodes pré-compétitives ou compétitives au cours de la saison.



**Figure N°09 :** Distribution des différentes catégories d'entraînement dans une équipe professionnelle de rugby-league au cours des différents macrocycles de la saison, Coutts et al (2008).

### ***1.8. La charge d'entraînement et la performance.***

Le préparateur physique et l'entraîneur disciplinaire doivent reconnaître l'importance primordial d'une charge d'entraînement adéquate pour le développement des qualités physiques et des compétences techniques spécifiques. De nombreuses recherches ont établi une corrélation directe entre l'augmentation de la charge d'entraînement (volume, intensité et fréquence) et l'amélioration des performances sportives (Gabbett & Domrow, 2007). De même, il a été prouvé que l'intégration d'entraînements intensifs de manière régulière est essentielle dans les programmes d'entraînement pour les sports nécessitant un haut niveau de condition physique (Kenttâ & Hassmen, 1998). Dans la mesure où il respecte ses capacités de récupération, un athlète capable de supporter une charge d'entraînement élevée devrait logiquement voir ses performances s'améliorer. L'observation des divers processus d'entraînement dans différents contextes révèle souvent que les athlètes sont soumis à une charge d'entraînement considérable, à la fois de la part de leurs entraîneurs disciplinaires et de leurs préparateurs physiques, dans le but d'atteindre et de dépasser les normes d'excellence propres à leurs disciplines respectives.

#### **❖ *Le méso-cycle***

Méso-cycle ou blocs d'entraînement (Issurin V, 2008) sont considérés comme les éléments essentiels du plan d'entraînement annuel. Ces blocs devraient logiquement séquencer le développement d'attributs spécifiques afin de permettre aux attributs développés dans un bloc de servir de base pour les blocs suivants (Fry Rw, 1992 ; Harris G, 2000).

Les méso-cycles sont variables d'un sport à un autre et d'un préparateur physique à l'autre, leur durée peut varier de plusieurs mois (mésocycles longs) à quelques jours (mésocycles courts) (Daniel le Gallais, Grégoire Millet, 2007, p. 78).

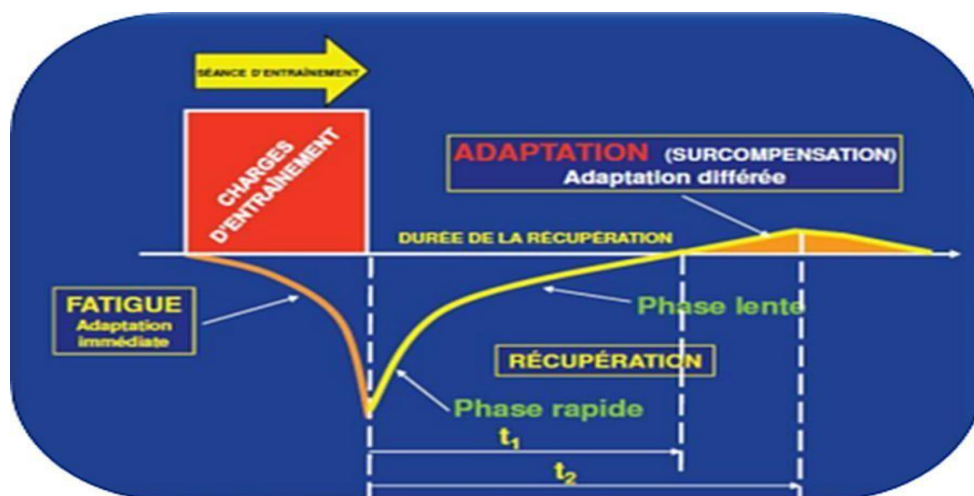
❖ Les modèles de mésocycles

- Mésocycle long (quatre à six mois)
- Méso-cycle de durée moyenne (trois à quatre mois)
- Méso-cycle de courte durée (inférieur à un mois)
- Mésocycle de très courte durée (onze jours)

***1.9. Rapport optimal entre charge d'entraînement, récupération et phénomène de surcompensation.***

L'entraîneur et le préparateur physique tentent, dans leur planification d'entraînement, de doser le plus adéquatement possible la charge d'entraînement imposée aux athlètes par rapport à leur capacité de récupération dans le but ultime d'optimiser leur développement et leurs performances. (Weineck, 1997) nous éclaire par rapport aux fondements scientifiques qui sont à la base de l'entraînement sportif.

« Le processus d'évolution des phénomènes adaptatifs résultant de l'entraînement se divise en phases. On distingue la phase de charge ou phase de travail et la phase de récupération, y compris le mécanisme de surcompensation. Ainsi, on observe à la suite de la charge d'entraînement une baisse passagère de la capacité de performance sportive (baisse du potentiel énergétique) suivie d'une remontée (dans la phase de récupération) au-dessus du niveau de départ. Cette capacité de performance accrue correspond au stade de surcompensation ». Voir la figure (10) ci-dessous :



**Figure N°10 :** représente le phénomène de surcompensation (fatigue, récupération, adaptation).

**I.10. Le surentraînement.****I.10.1. Surentraînement et présentation des symptômes.**

Une mauvaise préparation, une mauvaise progression, une trop grande charge d'entraînement, des contraintes externes trop importantes ou un manque de repos peuvent résulter en un état de fatigue chronique chez l'athlète, en une diminution de ses performances et en un état de surentraînement (Weineck, 1997).

Le surentraînement a été défini par Mackinnon comme « un désordre neuroendocrinien caractérisé par une réduction de la performance en compétition, l'inaptitude à maintenir la charge d'entraînement habituelle, une fatigue persistante, une réduction de la sécrétion de catécholamines, des problèmes de santé fréquents et une perturbation du sommeil et de l'humeur » (MacKinnon, 2000) (Gazzano F., 2003). Quant à lui, (Weineck, 1997, p. 489) Weineck (1997) propose une définition du surentraînement qui met en relief le caractère individuel du processus de récupération : « Par suite d'une série de récupérations insuffisantes, on voit se manifester des signes de surmenages physique et psychique. Ils s'inscrivent dans ce qu'on appelle le surentraînement. Il faut entendre par là un surmenage causé par l'accumulation de divers types de stimuli : entraînement trop dur, surcharges professionnelles et privées, manque de sommeil, alimentation inadéquate et autres facteurs de perturbation de l'organisme. » (P.489). Bien que le surentraînement soit associé à divers symptômes qui diffèrent en fonction des individus (Kenttä G, 2001) certains symptômes semblent être communs chez la plupart des athlètes. Parmi ceux-ci, on retrouve notamment une perturbation au niveau de l'humeur et une augmentation de la perception de l'effort (Kentta, G., & Hassmen, P, 1998) ; (Raglin J. S., 2000); (Kenttä G, 2001)). Il est également possible de détecter une récupération déficiente caractéristique du surentraînement ou du processus pouvant y mener lorsque l'on observe, chez un athlète, des phases de stagnation ou de régression des performances physiques (Weineck, 1997).

Si l'athlète atteint un état sévère de surentraînement, que cet état n'est pas détecté et qu'aucune mesure n'est prise pour y remédier, les symptômes ainsi que la diminution de la performance qui lui sont associés peuvent perdurer de quelques jours jusqu'à plusieurs mois (Morgan W. B., 1987) ; (Morgan W. C., 1988), (Kuipers, 1988) ; (Kentta, G., & Hassmen, P, 1998) ; (Kreider, 1998) (Kenttä G, 2001). Cette période peut varier pour plusieurs raisons. Notamment, diagnostiquer les stades précoces du surentraînement et distinguer l' « overreaching » (une baisse momentanée des performances suivies d'une récupération complète en l'espace de quelques jours) sont des tâches très difficiles. L'entraîneur peut ainsi avoir de la difficulté à agir au bon moment pour ajuster la charge d'entraînement de l'athlète (Gleeson, 2002) ; (Millet & le

Gallais, 2007).

Dans certains cas, il est également difficile d'identifier la progression d'un athlète vers une situation de surentrainement en ne se fiant que sur les performances réalisées, car elles varient nécessairement au cours d'une saison et que l'« overreaching » n'est pas nécessairement caractérisé par des symptômes spécifiques (Millet & le Gallais, 2007).

### ***1.10.2. Prévention du surentrainement.***

Présentement, il semble que la meilleure approche afin de prévenir le surentrainement demeure la prévention (Smith, 2004). Les différences interindividuelles des athlètes quant à leur capacité de récupération, à leur capacité d'exercice, à leur tolérance au stress et à leur gestion de facteurs de stress peuvent expliquer les différents degrés de surmenage ou de surentrainement, surtout s'ils sont soumis aux mêmes contenus et charges d'entraînement (Budgett, 1998 ; Kentta & Hassmén, 1998 ; Mackinnon, 2000 ; Pyne et coll., 2000).

L'individualisation de l'entraînement serait donc, parmi plusieurs interventions possibles, essentielle. Mackinnon (2000), Meeusen et coll. (2006, 2014) et Smith (2004) proposent également plusieurs stratégies d'intervention incluant: (a) le contrôle de la CE externe, (b) le contrôle du volume, de l'intensité et de la fréquence d'entraînement, (c) l'incorporation de variété dans les séances, (d) l'intégration de différentes pratiques favorisant la récupération (nutrition et hydratation, sommeil, techniques de relaxation et de support émotionnel, étirements et récupération active, etc.), (e) la réalisation de tests de performance réguliers, (f) la mise en pratique d'un suivi quotidien des activités réalisées et des CE. Meeusen et coll. (2014) rapportent qu'une gestion régulière de l'entraînement combinant à la fois la mesure des différents paramètres physiologiques, biochimiques, immunologiques, psychologiques et de performance serait la meilleure stratégie de prévention du surentrainement. Une évaluation et un suivi de la récupération de chaque athlète sont aussi suggérés (Kellmann, 2010 ; Kentta & Hassmén, 1998).

### ***1.10.3. Recommandations dans la prévention du surentrainement.***

- Régulation de la CE externe (Cross & Lyle, 2002a; Hackney & Battaglini, 2007)
- Planifier minutieusement les contenus et les charges d'entraînement et utiliser d'une périodisation de l'entraînement (Cross & Lyle, 2002a; Hackney & Battaglini, 2007; Mackinnon, 2000)

- Limiter la monotonie de l'entraînement (Budgett, 1998 ; Foster, 1998 ; Hackney & Battaglini, 2007 ; Lehmann et coll., 1998 ; Mackinnon, 2000 ; Meeusen et coll., 2014)
- Incorporer de la variété dans le choix des contenus et des paramètres d'entraînement (Smith, 2004)
- Limiter les augmentations soudaines de la CE (5-15 % par semaine) (Budgett, 1998 ; Gabbett, 2016 ; Hackney & Battaglini, 2007 ; Mackinnon, 2000 ; Meeusen et coll., 2014 ; Nimmo & Ekblom, 2007 ; Smith, 2004)
- Planifier et incorporer différentes activités de récupération et jours de repos à l'entraînement (Cross & Lyle, 2002a; Hackney & Battaglini, 2007; Mackinnon, 2000)
- Alternier des séances d'entraînement avec intensité ou volume élevés avec des séances plus légères (« Hard day/Easy day ») (Budgett, 1998; Mackinnon, 2000; Smith, 2004)
- Tenir un registre détaillé des différentes activités d'entraînement réalisées et les paramètres qui leur sont associés (volume, intensité, densité, etc.) (Halson & Jeukendrup, 2004; Smith, 2004).

## ***II. La fatigue.***

### ***II.1. Définition***

La fatigue peut se définir comme un état résultant de contraintes physiologiques et psychologiques aboutissant à une diminution des performances physiques et/ou mentales. Cette fatigue fut longtemps appréhendée par le biais de ses conséquences, telles que la baisse du rendement énergétique. Celle qui intéresse le sportif est une fatigue aiguë, qui affecte les individus sains, qui a des origines identifiables et qui est perçue comme normale. Elle avertit le sportif de la nécessité de récupérer. La fatigue musculaire, tant redoutée par l'athlète, peut avoir des origines multiples. Elle associe généralement des processus musculaires et cérébraux. La fatigue est la traduction d'une mauvaise adaptation des mécanismes de transmission ou d'une insuffisante disponibilité énergétique, cette dernière pouvant être associée à une incapacité à éliminer rapidement les produits du catabolisme générés par l'exercice. » Lattier, G., Millet, G.Y., Martin, A., Martin, V., (2004).

La fatigue est un sentiment d'épuisement permanent accablant et une diminution de la capacité d'accomplir un travail physique et mental. Il est multidimensionnel avec des composantes émotionnelles, comportementales et cognitives. Les sentiments de fatigue sont associés non seulement à des états pathologiques, mais également à un fonctionnement sain. Environ 20% des adultes dans le monde signalent une fatigue actuelle. Lorsqu'ils sont examinés en termes d'activité physique, les sentiments de fatigue sont liés à des problèmes d'effort physique, de repos insuffisant et de style de vie sédentaire.

### ***II.2. La fatigue neuromusculaire.***

La fatigue neuromusculaire est un phénomène physiologique résultant de sollicitations musculaires. Elle est habituellement définie comme « une inaptitude à maintenir un niveau de force requis ou attendu » (Edwards, 1981) ou encore comme « une diminution de la force ou de la puissance maximale entraînant une capacité de travail réduite » (Fitts, 1996). Les premières observations de la fatigue neuromusculaire furent conduites par Mosso, Malgré les évolutions techniques apportées au matériel (ergomètres isocinétiques pilotés par ordinateurs), la philosophie des expérimentations contemporaines reste identique à celle développée par Mosso : évaluer la fatigue neuromusculaire à partir d'une diminution de la force.



### ***II.2.1. La fatigue centrale.***

La fatigue centrale peut être décrite comme une altération de la commande nerveuse. Les premières observations de ce phénomène furent rapportées au début du siècle précédent par Alessandro Mosso (1891), dans un ouvrage intitulé « La Fatica ». C'est en comparant la force produite de façon volontaire à cela l'induite par des stimulations électriques du muscle qu'il distingua ce qu'il appela « la fatigue mentale ». Depuis, divers travaux ont confirmé le rôle déterminant des facteurs nerveux dans le phénomène de fatigue (Kent-Braun, 1999 ; Taylor et coll., 2000). La fatigue centrale peut être révélée par une altération de l'activation volontaire du muscle, laquelle représente le recrutement volontaire des unités motrices. Elle est couramment évaluée à partir de l'activité électromyographique (EMG) des muscles mobilisés dans la contraction et/ou par le niveau d'activation volontaire du groupe musculaire, estimé au moyen de la technique de « Twitchinterpolation » (Merton, 1954).

Il est à noter que l'intensité de l'exercice est un déterminant majeur de l'évolution du signal EMG. Lors de sollicitations isométriques sous-maximales fatigantes, une augmentation de l'amplitude du signal EMG est observée, Cette élévation de l'activité électrique du muscle pourrait refléter compensation nerveuse à une défaillance contractile, via une augmentation du recrutement et/ou de la fréquence de décharge des unités motrices (Lippold et coll., 1960 ; Bigland-Ritchie et coll., 1986a). Il est également possible que cette évolution de l'activité EMG traduise une optimisation de la commande nerveuse aux possibilités du muscle (Bigland-Ritchie et Woods, 1984). Il pourrait en effet y avoir une rotation dans le recrutement des unités motrices qui permettrait la mise au repos de certaines unités motrices fatiguées au profit d'une sollicitation de nouvelles unités motrices (non fatiguées ou moins fatiguées). A l'inverse, au cours d'une sollicitation isométrique maximale, le signal EMG diminue parallèlement à la perte de force (Bigland-Ritchie et coll., 1981) ce qui traduit une diminution de l'efficacité des voies motrices descendantes et /ou une inhibition réflexe de s motoneurones a par les afférences périphériques.

#### **❖ *Les facteurs supra-spinaux.***

La fatigue supra-spinale est caractérisée par une incapacité du système nerveux central à générer une commande nerveuse optimale à destination des motoneurones a. Les premiers travaux ont été menés, de manière invasive, chez l'animal (Maton, 1991), puis la technique de stimulation magnétique transcrânienne a ensuite permis de démontrer, chez l'homme, la perturbation des facteurs supra-spinaux lors d'un exercice fatigant (Brasil-Neto et coll., 1993

Gandevia et coll., 1996). Si l'atteinte supra -spinale du système neuromusculaire est avérée, les facteurs impliqués sont nombreux et restent parfois incertains.

❖ *Les facteurs spinaux.*

Différentes boucles réflexes, d'origines périphériques, peuvent moduler la commande nerveuse (Figure II.5). Elles peuvent avoir pour origine les muscles, les articulations, la peau ou encore le système cardio -respiratoire. Lors d'un exercice fatigant, le signal en provenance de ces afférences périphériques peut inhiber la commande nerveuse dès les structures corticales (Gandevia, 2001). Cependant, les effets principaux sont localisés au niveau spinal.

*II.2.2. La fatigue périphérique.*

La fatigue périphérique est définie comme l'altération des mécanismes de la production de force localisés de la transmission synaptique neuromusculaire jusqu'à la génération de force par les protéines contractiles actine et myosine. La première étape concernée, celle de la transmission du potentiel d'action au niveau de la jonction neuromusculaire, pourrait être altérée à la fois par une défaillance du potentiel d'action à se propager dans tous les axones terminaux du motoneurone, par une déplétion de la concentration en acétylcholine (neurotransmetteur de cette synapse) ou encore par une réduction de la sensibilité de la membrane post -synaptique à l'acétylcholine (Kugelberg et Lindergren, 1979).

Nonobstant ces perturbations, la transmission synaptique n'apparaît pas comme déterminante dans la fatigue avec des fréquences physiologiques de décharge des unités motrices (Warren et coll., 1999 ; Gandevia, 2001). En revanche, l'altération du couplage excitation -contraction, les dommages musculaires, l'appauvrissement en apports énergétiques ou la perturbation de la circulation sanguine seraient fortement impliqués dans le développement de la fatigue périphérique.

❖ *Le couplage excitation -contraction.*

Sous l'appellation « couplage excitation -contraction » nous regroupons les processus suivants : la propagation neuromusculaire le long du sarcolemme et des tubules T (tubules transverses).

❖ *Les dommages musculaires.*

Il a été démontré que des dommages musculaires pouvaient être induits lors de sollicitations isométriques (Jones et coll., 1989). Cependant leurs développements sont plus importants lors

d'exercices excentriques (Stauber,1989 ; Friden et Lieber, 1992 ; Warren et coll., 1993). De telles altérations seraient fonction du niveau de force développée au cours de la sollicité (Warren et coll., 1993), de l'amplitude articulaire (Talbot et Morgan,1998), de la vitesse d'étirement (Chapman et coll., 2006) mais également de la longueur musculaire à laquelle la contraction est initiée (Child et coll., 1998).

❖ *Les apports énergétiques et la circulation sanguine locale.*

L'adénosine triphosphate (ATP) est une source immédiate d'énergie nécessaire à la formation des ponts actine -myosine. Elle intervient aussi au niveau des pompes  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  et au niveau des canaux ATPasique du réticulum sarcoplasmique pour le recaptage du  $\text{Ca}^{2+}$ . Afin de soutenir la contraction musculaire, un niveau optimal d'ATP doit donc être maintenu dans les tissus. Or, plusieurs processus de la fatigue peuvent perturber les réactions de l'ATP.

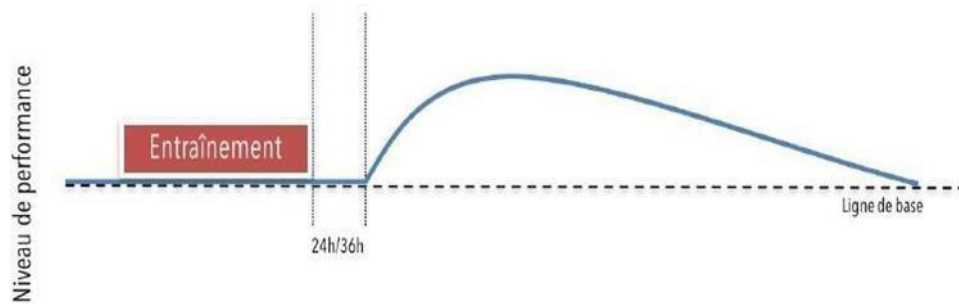
La phosphocréatine, source d'ATP, diminue de 5 à 10% dans les 30 premières secondes d'un effort intense (Fitts, 1994), ce qui contribue en partie à une diminution de la production d'ATP au cours de l'effort. La réduction du pH provoque une inhibition de la phosphofructokinase et entraîne une réduction de la glycolyse qui par conséquent induit une diminution de l'ATP fabriquée. L'accumulation d'ammoniaque peut également inhiber certaines enzymes aérobies présentes dans le cycle de Krebs et ainsi limiter la production d'ATP. Cependant, l'ATP ne semble pas diminuée de façon critique lors d'un exercice fatigant (Fitts, 1994). Les produits de ses réactions ( $\text{H}^+$ , ADP, Pi) limiteraient en effet son utilisation avant sa possible déplétion.

*II.3. Les différents types de la fatigue.*

*II.3.1. La fatigue aigüe « Acute Fatigue »*

La Fatigue aigüe est représentée par « une sensation de fatigue et une diminution temporaire de la performance, liée à l'application d'une session d'entraînement unique ou d'une période d'entraînement intense ». Lorsqu'elle est combinée à une récupération appropriée, celle-ci va se traduire par une adaptation positive de l'organisme et potentiellement une hausse de la performance. Ceci illustre un des principes de base de l'entraînement : le principe de surcompensation.

La fatigue aigüe est simple méforme passagère, et elle est réversible avec 2 à 3 jours de repos complet, sans interruption de la compétition.



**Figure N°11** : Illustration de la fatigue aigüe et du principe de surcompensation.

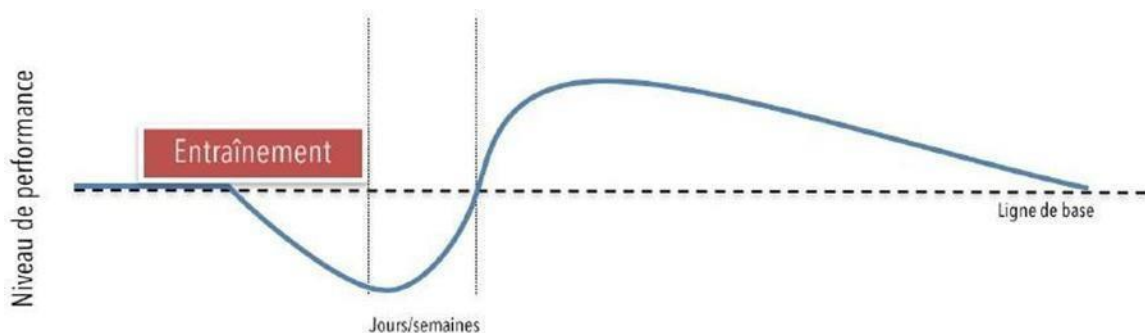
A première vue, cela semble évident, mais en pratique, ce n'est pas si simple que ça. L'équilibre entre charge d'entraînement et récupération appropriée est rarement identique d'un individu à l'autre et même d'un jour à l'autre pour un même individu. Nous l'avons vu précédemment une même charge externe peut avoir une charge interne différente et par conséquent nécessite un niveau de récupération différent. L'équilibre est fragile et parfois se rompt et la réponse de l'organisme n'est pas celle attendue.

### II.3.2. La fatigue persistante « Dépassement ».

Le Dépassement est « le résultat d'une accumulation d'un stress (lié à l'entraînement ou non) dont la conséquence est une diminution à court terme du niveau de performance » (Kreider, 1998). Cette diminution peut se traduire par des symptômes physiologiques et psychologiques.

Il est très courant que des athlètes aient recourt à cet état de dépassement dans leur processus d'entraînement : c'est le cas lors de stage, p.ex. où la charge d'entraînement est fortement augmentée pendant une durée déterminée.

L'objectif est, après une période de récupération appropriée, d'essayer de bénéficier d'une « Super surcompensation » pour obtenir un niveau de performance augmenté. Ce mode de dépassement est appelé dépassement fonctionnel. Dans ce cas de figure, il n'y a pas ou peu de symptômes psychologiques associés à long terme.



**Figure N°12** : Illustration du dépassement fonctionnel.

Néanmoins, si cet entraînement intensifié se poursuit sur une plus longue période ou n'est pas suivi par une période de récupération appropriée, la situation peut évoluer vers un niveau de dépassement plus extrême qu'on nommera Dépassement Non Fonctionnel. Celui-ci se traduira sur le terrain par une stagnation de la performance (ou même une diminution) malgré la récupération proposée. Des désordres psychologiques font également leur apparition : vigueur diminuée, fatigue inexplicée, ... Certains autres symptômes peuvent apparaître : nutrition inadéquate, maladie, stress émotionnel, manque de sommeil, ... et certains marqueurs hormonaux sont également modifiés. Dans ce cas précis, on peut néanmoins espérer une normalisation de la situation après plusieurs semaines à plusieurs mois de récupération. Néanmoins, même si un retour à un niveau de base est possible, la situation n'est pas bonne, l'athlète a besoin de temps pour récupérer. Ce n'est pas compatible avec une perspective de performance à haut niveau.

### II.3.3. La fatigue grave : Syndrome de surentraînement.

En fonction de certains facteurs qui ne sont pas uniquement liés à une charge externe de travail inappropriée, mais qui font indéniablement appel à certains facteurs psychologiques, la situation pourrait également évoluer vers un Syndrome de surentraînement. La limite entre le syndrome de surentraînement et le dépassement non fonctionnel est cependant très faible. Les symptômes sont en général très proches et la distinction se fait souvent à posteriori au regard du temps nécessaire pour retrouver un état « normal » d'entraînable : de plusieurs mois à plusieurs années.

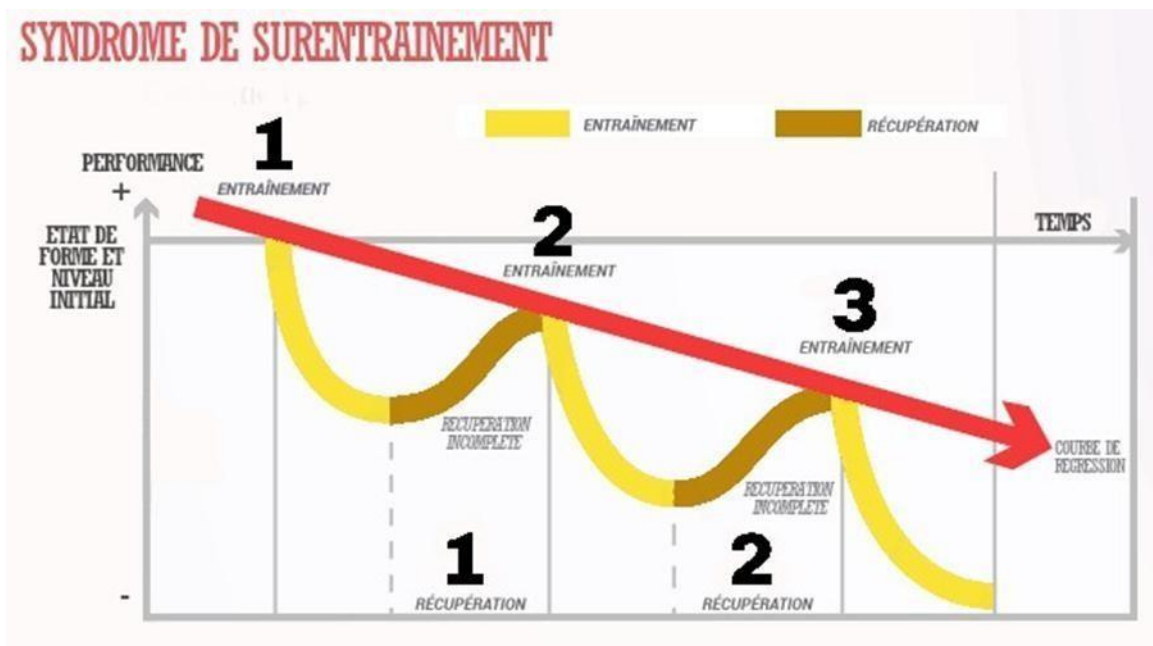


Figure N°13 : Illustration du syndrome de surentraînement (Pascal Prévost, Oct 2002).

#### ***II.4. Gestion de la fatigue.***

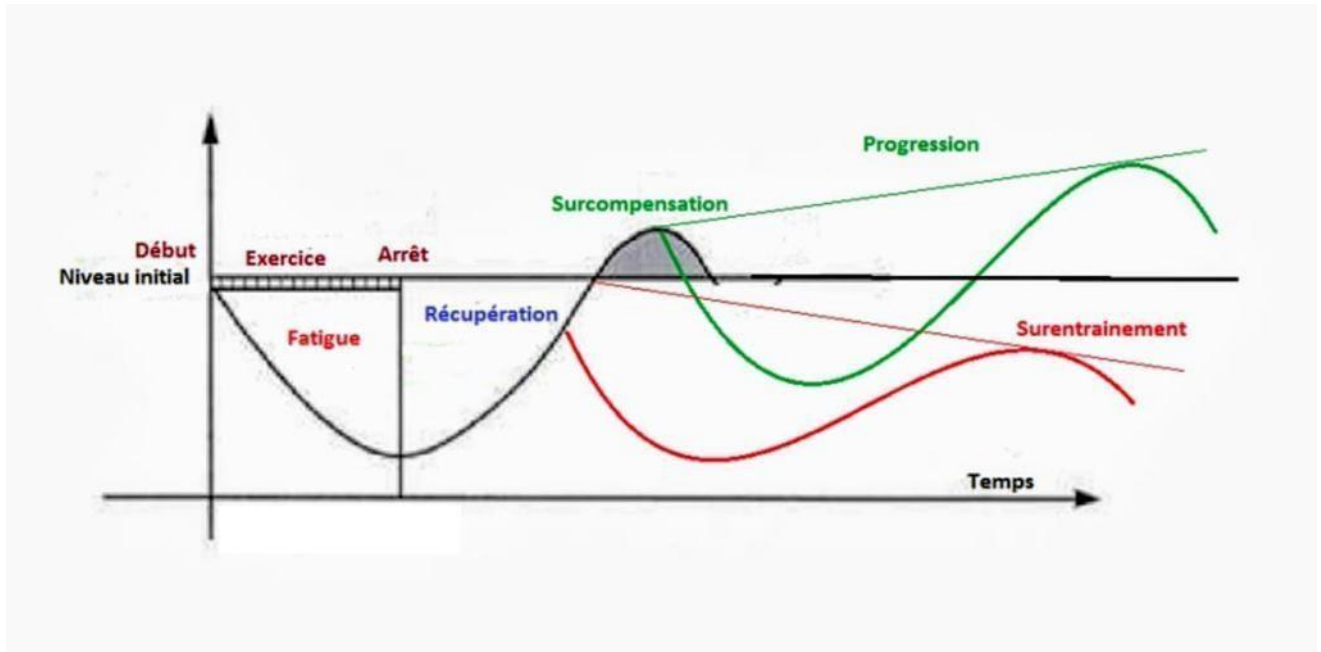
La fatigue résultant des efforts cumulés lors de l'entraînement est un indicateur crucial de la mobilisation des ressources fonctionnelles du corps. Elle joue un rôle clé dans l'adaptation des systèmes fonctionnels à des niveaux supérieurs de stimulation. Ainsi, il est essentiel de gérer efficacement la fatigue accumulée lors du processus d'entraînement en ajustant les charges de travail de manière significative tout en préservant une intensité adéquate lors des séances. Cela permet de maintenir le niveau élevé de condition physique atteint.

Une gestion inadéquate de la fatigue peut entraîner un état de surentraînement et favoriser l'apparition de blessures chroniques, compromettant ainsi le déroulement de l'entraînement. Le rôle prépondérant du système nerveux central dans le phénomène de la fatigue est désormais largement reconnu. En effet, la fatigue est souvent le résultat d'une perte de coordination entre les différents éléments nécessaires au maintien d'une activité fonctionnelle optimale (Platonov, 1988).

L'adoption de nouveaux modes d'entraînement, associée à une augmentation rapide et significative de la durée et de l'intensité des séances, peut accroître la charge d'entraînement, la monotonie et les contraintes. Bien que la monotonie ne dépasse généralement pas le seuil critique théorique de 2.00 (Dellal, 2008), il est essentiel d'établir un seuil critique personnalisé pour chaque athlète. Il est également crucial de combiner des méthodes subjectives telles que l'évaluation de la session perçue (Séance-RPE) avec des mesures objectives telles que les TRIMPS, les tests de lactatémie ou l'utilisation du GPS. Cependant, une analyse attentive des comportements et des réactions de l'athlète, facilitée par une communication efficace entre l'entraîneur et l'athlète ainsi que par le recours à des journaux de bord et des questionnaires tels que le DALDA ou le POMS, reste primordiale.

#### ***1.1. La surcharge et surcompensation.***

Lorsque le l'organisme est soumis à une charge d'entraînement, il répond en déployant des mécanismes de récupération pour rétablir son potentiel énergétique initial. Si cette charge sollicite les limites de ses capacités physiques, l'organisme se répare non seulement mais se renforce également, dépassant ainsi son état initial. Ce processus se réitère avec l'introduction de nouvelles charges, entraînant une élévation constante du potentiel physique.



**Figure N°14** : L'effort induit une fatigue qui conduit à une surcompensation.

La gestion efficace de l'entraînement sportif repose sur un équilibre délicat entre stimulation et récupération. Selon Matveiev, seuls les exercices qui sollicitent intensément les réserves énergétiques, induisant une fatigue aiguë initiale favorisent une amélioration du potentiel grâce à un phénomène de surcompensation. Cet effet cumulé s'observe non seulement sur une séance d'entraînement, mais également sur une série de séances. Cependant, la clé réside dans la modulation des charges d'entraînement, évitant ainsi le surentraînement ou le sous-entraînement. Il est nécessaire de varier le volume, intensité, densité, complexité, spécificité et fréquence des stimuli pour une progression efficace, nécessitant une identification et une quantification précises de ces charges.

### ***1.1. Facteurs de performance et niveau de fatigue.***

Certaines qualités peuvent être optimiser ou développées suivant un état de fatigue antécédent important alors que d'autres exigeant un état de fraîcheur optimale. Le non-respect de ces paramètres peut conduire le sportif au surentraînement ou à la stagnation des qualités.

**Tableau N°06** : représentant les facteurs de performance et niveau de fatigue, Foster, C. (1998).

<b>Niveau de Fatigue</b>	<b>État de Fraîcheur Indispensable</b>	<b>État de Fatigue Peu Importante Possible</b>	<b>État de Fatigue Modérée Possible</b>	<b>État de Fatigue Avancée Possible</b>
<b>Très Reposé</b>	Capacité maximale à se concentrer et à exécuter des tâches exigeantes.	Performance élevée dans des conditions normales de travail.	Performance légèrement réduite dans des conditions de travail stressantes ou prolongées.	Performance significativement réduite, nécessitant des pauses fréquentes.
<b>Légère Fatigue</b>	Encore assez alerte pour maintenir une performance élevée.	Capacité à maintenir une performance acceptable, mais avec une légère baisse de la vitesse ou de la précision.	Difficulté à maintenir une performance constante sur de longues périodes.	Performance altérée de manière significative, nécessitant des efforts supplémentaires.
<b>Fatigue Modérée</b>	Capacité à exécuter des tâches simples, mais avec une vigilance réduite.	Performance acceptable dans des conditions idéales, mais avec une baisse significative de la vitesse et de la précision.	Difficulté à accomplir des tâches complexes, nécessitant plus de temps et d'efforts.	Performance très réduite, nécessitant des instructions claires et un soutien constant.
<b>Fatigue Avancée</b>	Difficulté à rester éveillé et à maintenir une performance minimale.	Grande difficulté à maintenir une performance constante, nécessitant des pauses fréquentes pour se reposer.	Incapacité à se concentrer sur des tâches complexes, nécessitant une assistance pour les tâches simples.	Performance minimale, avec des erreurs fréquentes et une incapacité à terminer des tâches.

### ***1.2. Méthode de quantification du niveau de fatigue.***

Le niveau de fatigue des athlètes a été calculé en faisant la moyenne des indices subjectifs de fatigue et d'humeur. L'estimation de ces indices a été faite chaque jour par les athlètes. Ces indices de fatigue et d'humeur donnent des indices très précis du niveau de fatigue des athlètes au cours de chaque semaine d'entraînement.

Un support de référence sous forme d'échelles descriptives rapporte les principaux états physiques et psychiques retrouvés chez un athlète. Après l'observation des différentes recherches faites sur la notion de fatigue (tableau de Spielberger 1970), l'échelle qui a été



utilisée par les coureurs pour estimer leur état de fatigue générale journalière est décrite ci-dessous :

❖ **Echelle de fatigue :**

1. *Super forme, toujours envie de bouger et de faire du sport, très bonne sensation à l'effort.*
2. *Bonnes sensations, envie d'entraînement, fractionné, course.*
3. *Bonne forme, bonne récupération.*
4. *Plus ou moins bien selon le terrain, le moment.*
5. *Sensations moyennes pour des raisons diverses.*
6. *Sensations moyennes avec mauvaise récupération.*
7. *Mal aux jambes, limité dans l'effort.*
8. *Nonchalance, mauvaise sensation.*
9. *Aucune force, besoin de récupérer.*
10. *Épuisé, rien n'envie de faire en sport et dans la journée.*

Cette échelle a été étalonnée au cours du temps par chaque athlète pour qu'il affine la perception de son état de fatigue de manière optimale.

L'échelle d'humeur présentée ci-dessous offre également un support aux athlètes pour mieux percevoir leur humeur.

❖ **Echelle d'humeur :**

- 1 : *Mauvaise humeur.*
- 2 : *Je me sens déprimé*
- 3 : *Irritable*
- 4 : *nerveux*
- 5 : *anxieux*
- 6 : *je me sens détendu*
- 7 : *calme*
- 8 : *très cool*
- 9 : *très joyeux*
- 10 : *très bonne humeur, très heureux.*

L'échelle d'humeur est plus individuelle. Elle est accompagnée du questionnaire d'auto-évaluation de Spielberger (1970) permettant de mieux cibler et maîtriser toutes les variations de l'humeur. Un certain nombre de questions guide le sujet afin de mieux verbaliser ses sensations. Cela lui permet d'avoir une estimation plus précise de son humeur.

Pour que l'estimation du niveau de fatigue ait une signification, chaque coureur a intérêt de se familiariser avec ces échelles et par la suite de les faire évoluer. Plus celles-ci sont proches de ses sensations, plus l'athlète a une estimation précise de son niveau de fatigue général.

# ***PARTIE II***

## ***METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE***

## **PARTIE II METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE**

### **1. Objectifs**

- ❖ Quantifier la charge d'entraînement d'un mésocycle d'entraînement avec la méthode-RPE de Foster et de contrôler les charges d'entraînement d'une équipe de football masculin (CRBA).
- ❖ Déterminer le niveau de fatigue de l'équipe de football masculin (CRBA).
- ❖ Calculer la corrélation entre indice de fatigue (IF) et les différents indices de la charge d'entraînement (CE) recueillies par le stress de fatigue.

Effectivement, notre principal but et souci résident dans l'amélioration de l'efficacité du processus d'entraînement que nous entreprenons. En optimisant cette démarche, les footballeurs pourront non seulement acquérir les compétences techniques, physiques et tactiques nécessaires à leur pratique, mais aussi accroître leurs performances sportives pour relever les défis de la compétition avec succès.

### **2. Méthodologie**

On a utilisé la méthode descriptive, afin de décrire les charges d'entraînement subies par les footballeurs (CRBA), en utilisant la méthode de la séance –RPE de Foster en s'appuyant sur des marqueurs subjectifs (La perception de l'effort), et estimation du niveau de fatigue de l'équipe au cours d'un mésocycle de 06 semaines d'entraînement, ce dernier a été calculé en faisant la moyenne des indices subjectifs de « fatigue et d'humeur ». L'estimation de ces indices a été faite chaque jour par les joueurs. Au fait, établir des corrélations entre la charge d'entraînement et la fatigue des athlètes et observer graphiquement l'évolution de la fatigue et de la charge d'entraînement pour chaque joueur. Tous les indices de cette charge d'entraînement (monotonie, contrainte et fitness) ont été établis à l'aide d'un logiciel appelé « EXEL ».

#### **2.1 Echantillon**

L'échantillon était composé de dix-huit joueurs de football (N=18) au niveau division honneur qui ont accepté de participer à cette étude de manière volontaire.

Dans cette étude, l'intérêt est basé d'abord sur l'application d'une méthode de

quantification de la CE (séance- RPE) et détermination du niveau de fatigue chez les footballeurs durant 06 semaines du 03 février 2024 au 15 mars 2024, au cours de la saison 2023/2024, Elle s'est déroulée au niveau du stade municipal d'Aokas.

## 2.2 Protocole

Notre étude a commencé le 02 Février et s'est terminée le 15 Mars pour permettre aux joueurs de se familiariser avec l'outil et la méthode de quantification de CE et détermination du niveau de fatigue (séance-RPE, et indice de fatigue et d'humeur).

Des fiches pour la collecte des données ont été établies pour recueillir les données, les durées des séances et les perceptions de l'effort qui représentent l'intensité de la séance, estimés selon une échelle de note de (0 à 10) par les joueurs en réponse à la question « Comment as-tu ressenti la séance » ; ces réponses (les indices de perception de l'effort) ont été recueillies 30 minutes après la fin de chaque séance d'entraînement, afin de prévenir, que l'exercice effectué à la fin de la séance ne soit pas dominant dans les perceptions individuelles des joueurs.

Après avoir eu les indices de perception de l'effort (RPE) des joueurs, les charges d'entraînement individuelles ont été calculées au moyen de la méthode session-RPE (Foster et al 1998), selon la formule : La charge d'entraînement (exprimée en unités arbitraires) = la durée de l'entraînement (exprimée en minutes)  $\times$  l'intensité de l'entraînement (évaluation subjective à l'aide de l'échelle de perception de l'effort de Foster de (1 à 10), tandis que les charges d'entraînement de l'équipe ont été calculées comme étant la moyenne des charges d'entraînement de toutes les joueurs qui ont participé à la séance ou match.

La somme de toutes les charges d'entraînement de la semaine nous donne la charge d'entraînement hebdomadaire, et par la division de cette charge d'entraînement hebdomadaire sur sept (07) on obtient la charge d'entraînement moyenne de la semaine.

- **Charge** = Durée (min)  $\times$  la difficulté globale (1 – 10), indicateurs liés aux adaptations positives à la charge d'entraînement.

- **Charge moyenne** = Charge hebdomadaire / 7 (Jours).

Après avoir calculé ces deux charges d'entraînement, on a calculé les indicateurs d'adaptation positive et négative liés à l'entraînement (monotonie, contrainte et fitness).

**Tableau N°07 :** Échelle Borg CR-10 modifiée de Poster, Source : Foster et al. (2001).

N°	Perception de l'effort
0	Nulle
1	Très, très Légère
2	Légère
3	Modérée
4	Assez Dure
5	Dure
6	
7	Très Dure
8	
9	
10	Maximale

Le niveau de fatigue des joueurs a été calculé en faisant la moyenne des indices subjectifs de fatigue et d'humeur. L'estimation de ces indices a été faite chaque jour par les joueurs. Ces indices de fatigue et d'humeur donnent des indices très précis du niveau de fatigue des joueurs au cours de chaque semaine d'entraînement. Un support de référence sous forme d'échelles descriptives rapporte les principaux états physiques et psychiques retrouvés chez un joueur. Après l'observation des différentes recherches faites sur la notion de fatigue (tableau de Spielberger 1970), l'échelle qui a été utilisée par les coureurs pour estimer leur état de fatigue générale journalière est décrite ci-dessous.

## 2.1.1 Echelle de sensation (fatigue)

Tableau N°08 : Echelle de fatigue (sensation).

<i>N°</i>	<i>L'estimation de sensation à la fatigue</i>
1	<b>Super forme, toujours envie de bouger et de faire du sport, très bonne sensation à l'effort.</b>
2	<b>Bonnes sensations, envie d'entraînement, fractionné, course.</b>
3	<b>Bonne forme, bonne récupération.</b>
4	<b>Plus ou moins bien selon le terrain, le moment.</b>
5	<b>Sensations moyennes pour des raisons diverses.</b>
6	<b>Sensations moyennes avec mauvaise récupération.</b>
7	<b>Mal aux jambes, limité dans l'effort.</b>
8	<b>Nonchalance, mauvaise sensation.</b>
9	<b>Aucune force, besoin de récupérer.</b>
10	<b>Épuisé, rien n'envie de faire en sport et dans la journée.</b>

Cette échelle a été étalonnée au cours du temps par chaque athlète pour qu'il affine la perception de son état de fatigue de manière optimale.

L'échelle d'humeur présentée ci-dessous offre également un support aux athlètes pour mieux percevoir leur humeur.

## 2.1.2 Echelle d'humeur.

*Tableau N°09 : Echelle d'humeur*

N°	L'estimation d'humeur
1	Mauvaise humeur.
2	Je me sens déprimé
3	Irritable
4	Nerveux
5	Anxieux
6	Je me sens détendu
7	Calme
8	Très cool
9	Très joyeux
10	Très bonne humeur, très heureux.



L'échelle d'humeur est plus individuelle. Elle est accompagnée du questionnaire d'auto-évaluation de Spielberger (1970) permettant de mieux cibler et maîtriser toutes les variations de l'humeur. Un certain nombre de questions guide le sujet afin de mieux verbaliser ses sensations. Cela lui permet d'avoir une estimation plus précise de son humeur.

Pour que l'estimation du niveau de fatigue ait une signification, chaque coureur a intérêt de se familiariser avec ces échelles et par la suite de les faire évoluer. Plus celles-ci sont proches de ses sensations, plus l'athlète a une estimation précise de son niveau de fatigue général.

**Indice de fatigue** = échelles (sensations + humeur) / 2.

# ***PARTIE III***

## ***PARTIE PRATIQUE***

### ***ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS***

## PARTIE III ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

### 1. Résultats

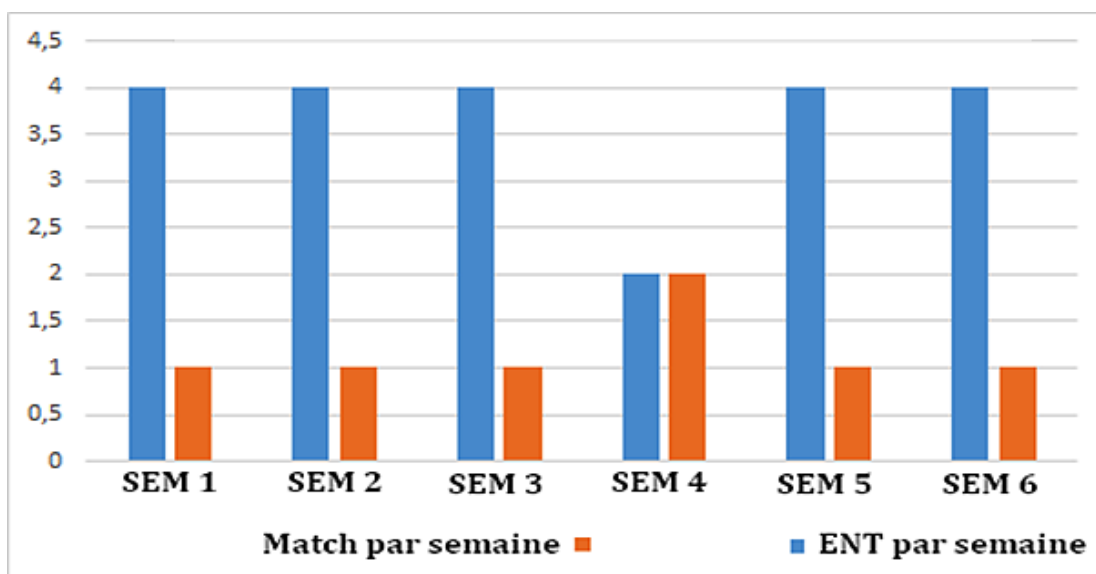
Les résultats de notre analyse quantitative des données confirment l'efficacité de la méthode séance-RPE pour évaluer et réguler la charge d'entraînement tout au long de la saison (2023/2024).

En se référant sur des études portant sur le football, telles que celles de Coutts et al. (2007b ; 2007c), Impellizzeri et al. (2004 ; 2005), Putlur et al. (2004), ces auteurs ont constaté que des niveaux de charge d'entraînement compris entre 2400 et 3200 UA pendant les périodes pré-compétitives peuvent être associés à un risque accru de blessures, de fatigue et de baisse de performance lors des compétitions.

Dans notre approche, nous considérons les variations hebdomadaires de la charge d'entraînement afin d'examiner sa dynamique. L'organisation et la structure de l'entraînement dépendent principalement du nombre et des implications des matchs, ce qui se traduit par une planification variable d'une semaine à l'autre, en fonction de la présence d'un ou de deux matchs, voire même d'absence de match. Le tableau N°10 et la figure N°14 illustrent cette dynamique.

**Tableau N°10** : Nombre d'entraînement et de matchs par semaine.

	<b>SEM 1</b>	<b>SEM 2</b>	<b>SEM 3</b>	<b>SEM 4</b>	<b>SEM 5</b>	<b>SEM 6</b>
<b>ENT par Semaine</b>	4	4	4	2	4	4
<b>MATCH par Semaine</b>	1	1	1	2	1	1



**Figure N°15 :** présente la dynamique de la charge d'entraînement quotidienne sur 06 semaines.

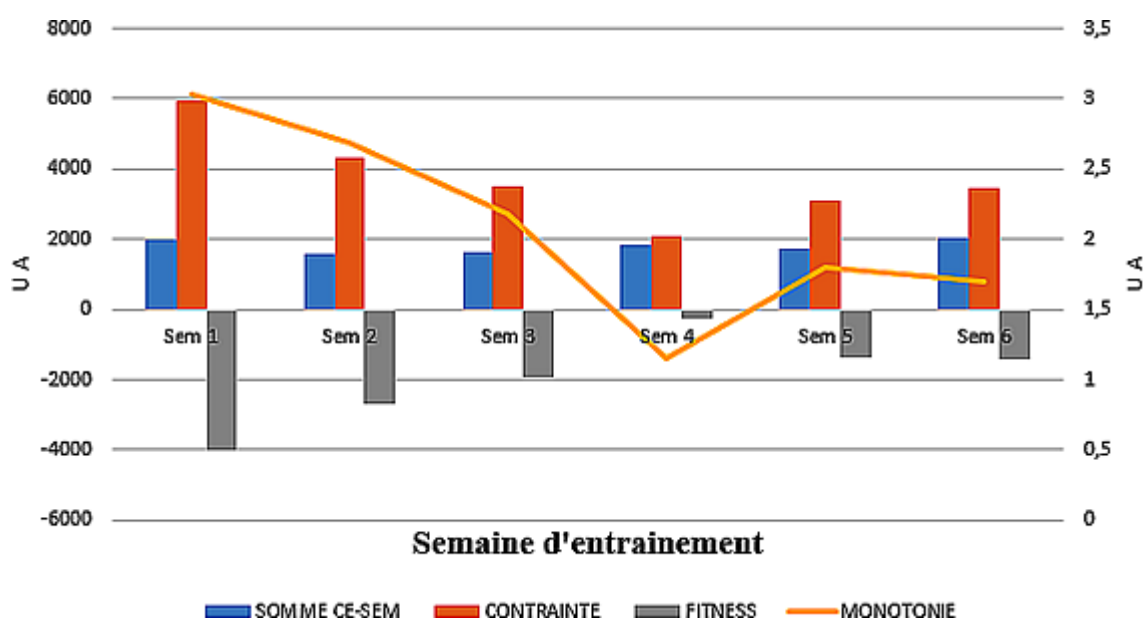
En analysant les six (06) semaines du mésocycle compétitif, on peut constater deux (02) formes de périodisation selon le nombre de matchs, le nombre de séances d'entraînement et des jours de repos programmés dans la semaine ; Ainsi on peut diviser notre mésocycle en deux types de périodisation :

- 1 - Semaines à cinq (05) séances (match inclus) et deux jours de repos (1,2,3,5,6), avec des CE de (1964, 1599, 1618, 1714, 2052 UA).
- 2 - Une Semaine à quatre (04) séances (02 matchs inclus) et trois jours de repos (4), avec une CE de (1815 UA).

**Tableau N°11 :** les charges entrainement collective et les différents indices

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	MOY	ET
<b>SOMME CE-SEM</b>	1964	1599	1618	1815	1714	2052	1793,67	162,318
<b>MOY CE SEM</b>	393	320	324	302	286	342	327,83	34,01
<b>ECART-TYPE</b>	130	119	149	263	159	202		
<b>MONOTONIE</b>	3,03	2,69	2,18	1,15	1,80	1,70	2,10	0,62
<b>CONTRAINTTE</b>	5943	4300	3519	2086	3081	3479	3734,67	1186,98
<b>FITNESS</b>	-3979	-2701	-1901	-271	-1367	-1427	-1941	1162,98

Ensuite, le tableau N°11, on constate que la charge d'entraînement (CE) minimale (1599 UA) est enregistrée lors de la deuxième semaine (2), alors que la maximale a atteint (2052 UA) lors de la sixième semaine (6). L'indice de monotonie (IM) fluctue entre (1,15 UA de la quatrième semaine) et (3,03 UA de la première semaine), on remarque aussi que l'indice de contrainte (IC) qui a une valeur minimale de (2086 UA) lors de la quatrième semaine, a atteint une valeur maximale de (5943 UA) lors de la première semaine. Cependant, l'indice de fitness (IF) est estimé négatif durant tout le mésocycle de valeur minimale (-3979 UA) et une valeur maximale de (-271 UA).



**Figure N°16** L'évolution des charges d'entraînement et les différents indices (monotonie, contrainte et fitness) sur 06 semaines.

En analysant la figure N°16, nous pouvons dire que lors de la première semaine (01), les indices de monotonie et de contrainte augmentent au même titre que les charges d'entraînement, on enregistre des pics de contrainte lors de la semaine (1) de (5943 UA).

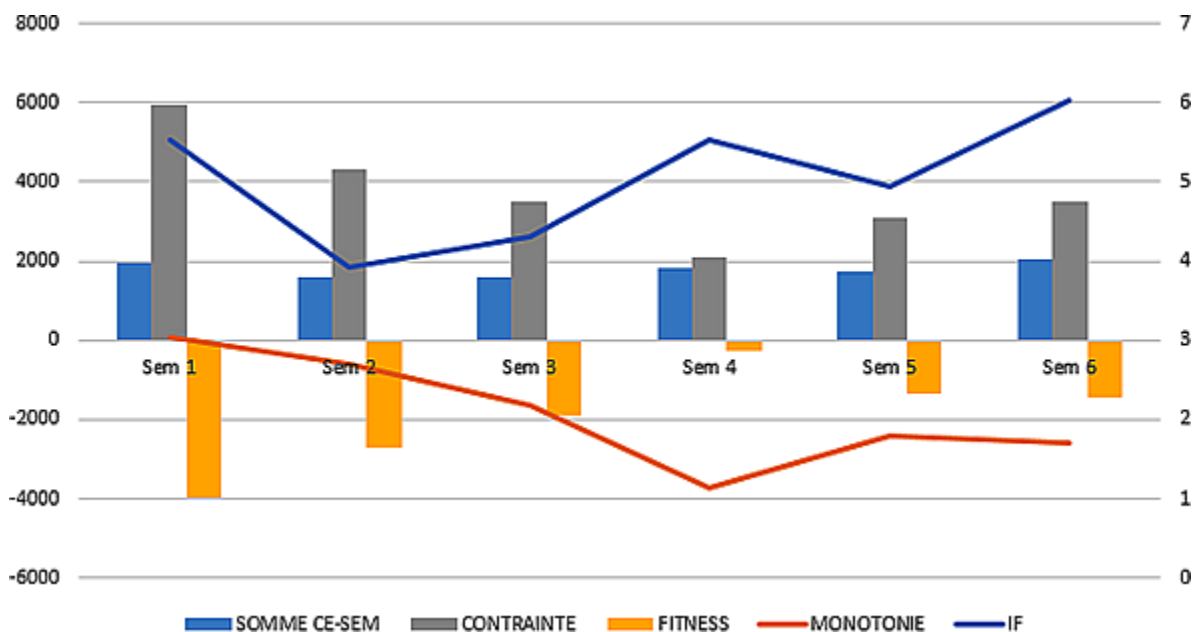
On trouve que les charges d'entraînement sont les plus basses du mésocycle lors de la deuxième et la troisième semaine avec des valeurs de (1599,1618 UA).

Les monotopies sont les résultats calculés (CE, IM, IC, IFt et IF), à partir des données obtenues lors de notre étude six semaines sont présentés dans le (tableau N°12) et illustrés dans la (figure N°16).

**Tableau N°12** : les calculs de différents indices de la CE et IF.

Semaines	CE	IM	IC	IFt	IF
<b>SEM 1</b>	<b>1964</b>	<b>3,03</b>	<b>5943</b>	<b>-3979</b>	<b>5,53</b>
<b>SEM 2</b>	<b>1599</b>	<b>2,69</b>	<b>4300</b>	<b>-2701</b>	<b>3,92</b>
<b>SEM 3</b>	<b>1618</b>	<b>2,18</b>	<b>3519</b>	<b>-1901</b>	<b>4,30</b>
<b>SEM 4</b>	<b>1815</b>	<b>1,15</b>	<b>2086</b>	<b>-271</b>	<b>5,52</b>
<b>SEM 5</b>	<b>1714</b>	<b>1,80</b>	<b>3081</b>	<b>-1367</b>	<b>4,94</b>
<b>SEM 6</b>	<b>2052</b>	<b>1,70</b>	<b>3479</b>	<b>-1427</b>	<b>6,04</b>

Pendant la période de collecte de données, on analyse que la CE maximale (2052 UA) est enregistrée lors de la semaine (06), et la charge minimale (1599 UA) lors de la semaine (2), lors de semaine (06) l'indice de fatigue atteint une valeur maximale de (6), et une valeur minimale qui s'approche de (04) lors de la semaine (02), on remarque aussi pour la monotonie qui a une valeur maximale (3,03 UA) et une valeur minimale de (1.15 UA) lors de la semaine (04), cependant l'indice de fatigue toujours est estimé négatif durant tout le mésocycle.



**Figure N°17 :** La corrélation entre les différents indices de (CE, monotonie, contrainte et fitness) et l'indice de fatigue sur 06 semaines.

- **Corrélation entre les indices de la (CE, IM, IC et IFt) et niveau de fatigue**

Les corrélations issues du tableau N°12 démontrent le degré d'association assez fort qui lie les différents entraînements à la charge d'entraînement totale. Le degré de signification des mesures de corrélations de Pearson issues de ce tableau est de  $p < 0.05$ .

La courbe de fatigue suit le diagramme des charges d'entraînement de manière assez remarquable. Il s'agit de déterminer si cette relation est liée à la charge d'entraînement ou au volume d'entraînement.

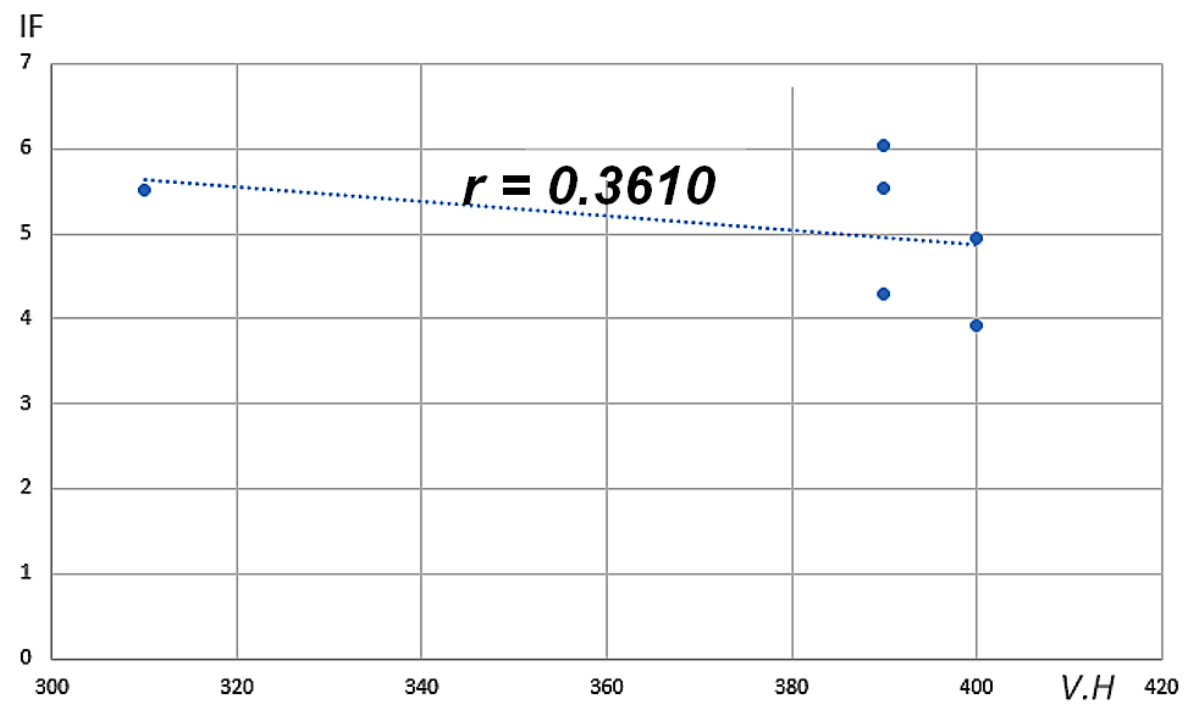
***$r = \text{racine de } R^2$***

*r : Coefficient de corrélation de Pearson*

*R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination*

- **Corrélation entre la fatigue et le volume horaire**

Il existe une corrélation significative entre le niveau de fatigue et le volume horaire d'entraînement ( $r = 0.3610$  ;  $\rho < 0,05$ ). Ce résultat tend à montrer que la fatigue survient progressivement au cours des entraînements. Il est donc intéressant d'étudier la relation qui existe entre la fatigue et l'intensité de l'exercice.



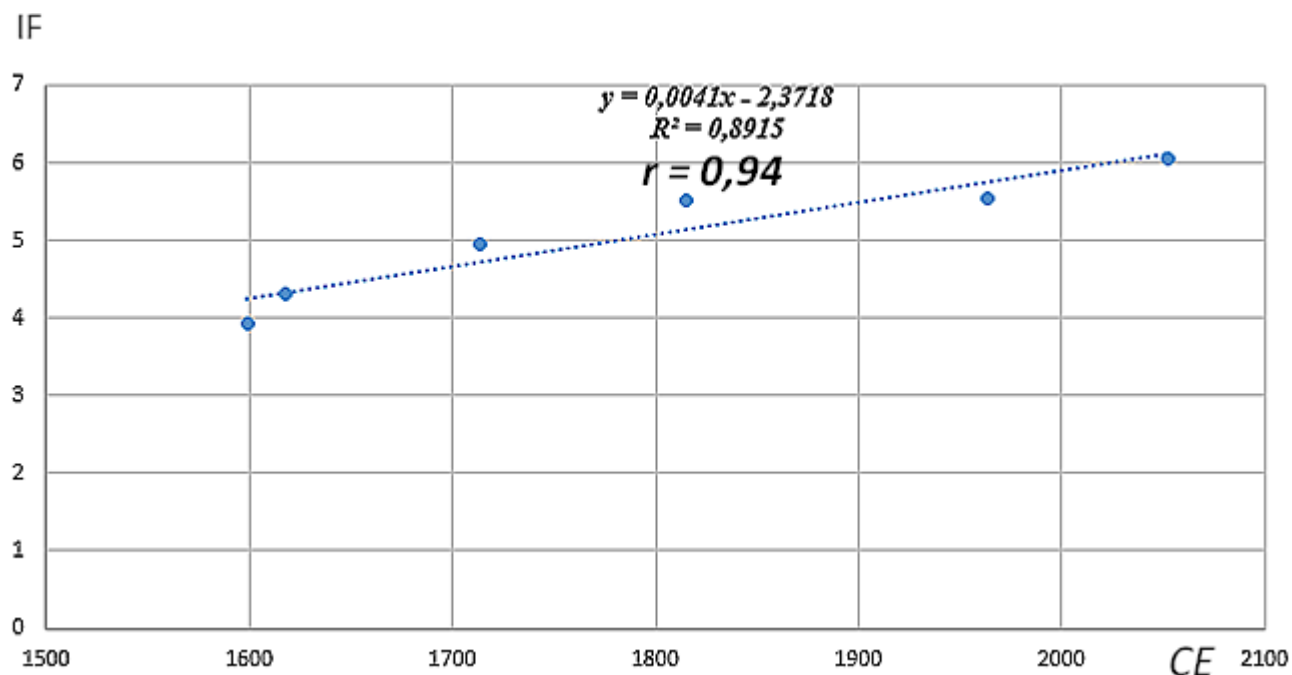
**Figure N°18** : Corrélation entre la fatigue et le volume horaire en minutes.

La fatigue évolue globalement de manière décroissante au cours des semaines d'entraînement. Les ajustements linéaire ( $r = 0,3610$  ;  $\rho < 0,05$ ). Il existe une corrélation négative entre le volume horaire et le niveau de la fatigue.

- **Corrélation entre la fatigue et la CE**

Il existe une corrélation hautement positive entre la fatigue et la charge d'entraînement ( $r = 0,94$  ;  $\rho < 0,001$ ) montre une évolution croissante de la fatigue lors de l'augmentation de la CE. La figure N°18 a montré que ces deux derniers correspondent étroitement.



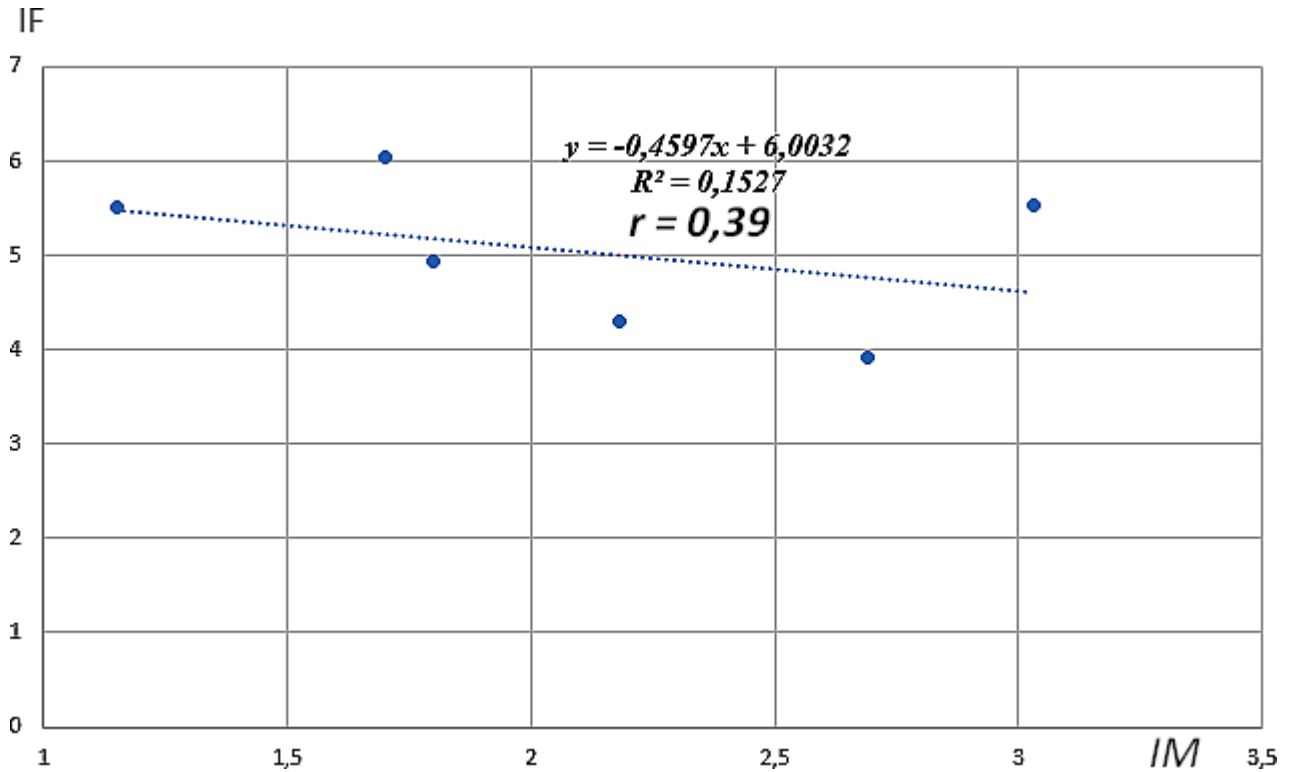


**Figure N°19** : Corrélation indice de fatigue et CE.

Le coefficient de corrélation entre le niveau de fatigue et la charge d'entraînement calculée est égal à 0,94 (figure N°18). La fatigue des joueurs est par conséquent davantage corrélée à la charge d'entraînement qu'au volume horaire. Le contrôle de l'intensité de l'entraînement permet ainsi de mieux évaluer les incidences de la charge d'entraînement effective sur l'organisme de joueur. Il est alors possible de construire un programme d'entraînement à celui-ci en lui imposant un travail beaucoup plus axé sur la qualité de la préparation que sur le volume (figure N°17).

- **Corrélation entre l'indice de fatigue et la monotonie**

Il existe une corrélation significative entre la fatigue et la monotonie ( $r = 0,39$  ;  $p < 0,05$ ). Ce résultat montre une évolution légèrement décroissante de la fatigue lors de l'augmentation de la monotonie.

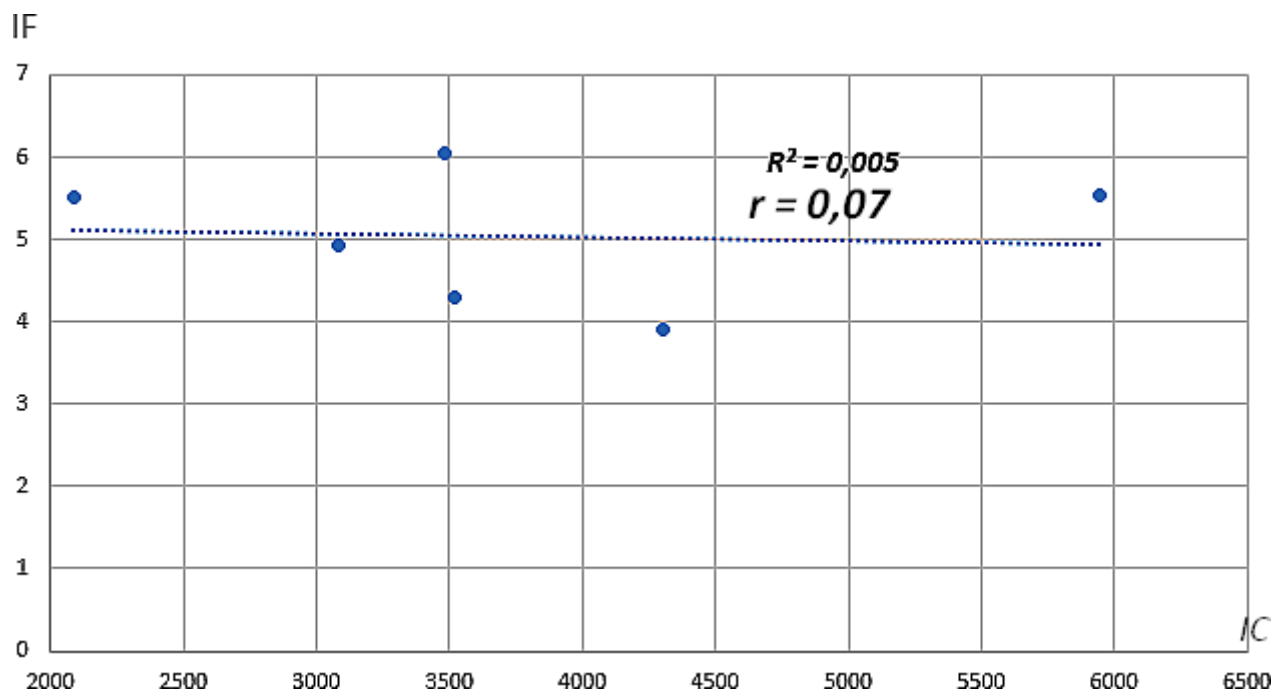


**Figure N°20** : Corrélation entre la fatigue et la monotonie.

Le coefficient de corrélation entre le niveau de fatigue et la monotonie calculée est égal à ( $r = 0,39$  ;  $p < 0,05$ ) (figure N°19). Ce résultat montre qu'il existe une corrélation négative entre la fatigue et la monotonie.

- **Corrélation de la fatigue et indice de contrainte**

Il existe une corrélation non significative entre la fatigue et l'indice de contrainte ( $r = 0,07$  ;  $p > 0,05$ ). La courbe de tendance montre une évolution légèrement décroissante de la fatigue lors de l'augmentation de la contrainte. Donc la corrélation est négative entre les deux indices.

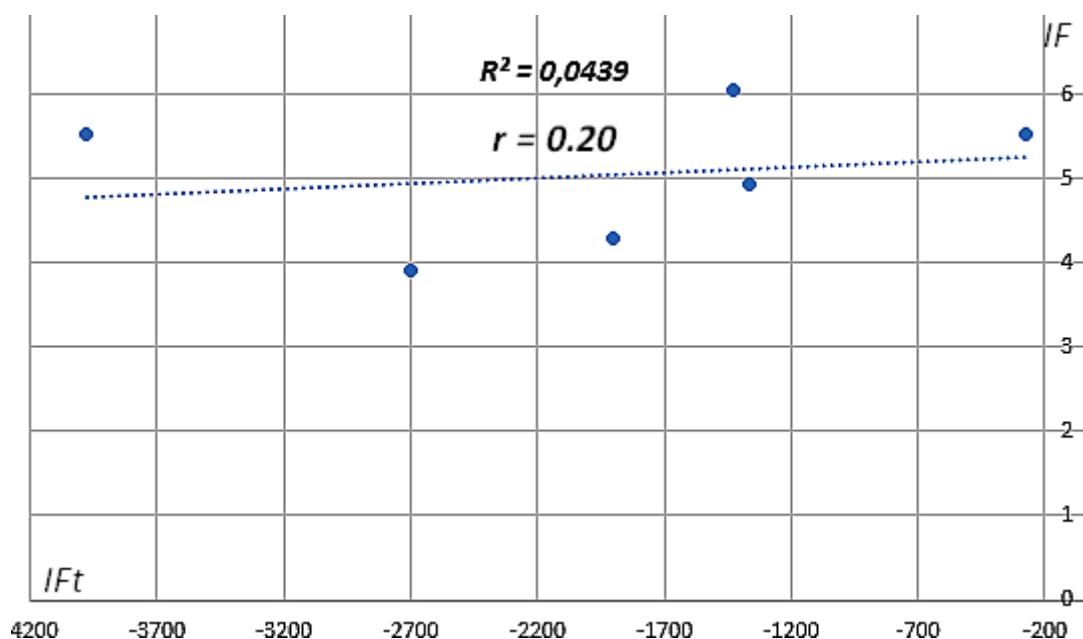


**Figure N°21** : Corrélation entre la fatigue et contrainte.

Le coefficient de corrélation entre le niveau de fatigue et la contrainte calculée est égal à ( $r=0.07$ ) (figure N°20). Ce résultat montre qu'il existe une très faible corrélation voire nulle entre la fatigue et la contrainte.

- **Corrélation entre la fatigue et le fitness**

Il existe une corrélation non significative entre la fatigue et le fitness ( $r=0.20$  ;  $\rho > 0,05$ ). La courbe de tendance montre une évolution légèrement croissante de la fatigue lors de l'augmentation de fitness. Ce qui montre que la corrélation est positive entre les deux indices .



**Figure N°22** : Corrélation entre la fatigue et le fitness.

Le coefficient de corrélation entre le niveau de fatigue et le fitness calculée est égal à ( $r=0,20$ ) (figure N°21). Ce résultat montre qu'il existe une faible corrélation entre la fatigue et le fitness.

## 2. Interprétation et discussion des résultats

Ces résultats peuvent-être expliqués par les indices de perceptions donnés par les joueurs et qui ne reflètent peut-être pas leurs vrais ressenti de la difficulté, non par mauvais investissement de leur part, mais surtout par le manque d'expérience vis-à-vis de la méthode séance-RPE. Ou tout simplement ce sont les charges réelles perçues par nos joueurs. Cependant la méthode séance-RPE est soutenue par les plus grands auteurs scientifiques dans le domaine de football tel qu'il est montré dans un extrait de l'article de (Impellizzeri et al., 2004) ci-dessous.

*"Nos résultats montrent que la perception subjective de l'effort peut être utilisée pour quantifier les charges d'entraînement dans le football. Les joueurs peuvent estimer avec précision l'intensité et la durée de l'effort fourni lors des séances d'entraînement, ce qui peut aider les entraîneurs à ajuster les programmes d'entraînement en fonction des réponses individuelles des joueurs.*

Pendant la durée de notre étude 06 semaines, vingt-neuf (29) séances ont été réalisées 22 entraînements et 07 matchs. Les résultats révèlent une charge moyenne d'entraînement hebdomadaire de  $(1793,67 \pm 162,318 \text{ UA})$ , elle varie au fil des semaines, avec des valeurs allant de 1599 à 2052.

La semaine 6 présente la charge d'entraînement la plus élevée, ce qui pourrait indiquer une intensification de l'entraînement ou une augmentation de la durée des séances.

La monotonie mesure la variation dans la charge d'entraînement quotidienne. Des valeurs faibles peuvent indiquer une bonne diversité dans les séances d'entraînement.

On observe des fluctuations dans les valeurs de monotonie, ce qui peut indiquer des changements dans la nature des séances d'entraînement au fil des semaines.

L'indice de la contrainte évalue le stress global de l'entraînement sur le joueur, des valeurs plus élevées indiquent généralement un niveau de stress plus élevé sur le joueur. Les valeurs fluctuent également, mais semblent rester dans une plage relativement modérée.

L'indice de fitness est une mesure de la forme physique actuelle de joueur, des valeurs plus élevées indiquent généralement une meilleure forme physique.

On observe une augmentation progressive de l'indice de fitness jusqu'à la semaine 6, ce qui pourrait indiquer une amélioration de la forme physique des joueurs au fil du temps.

L'indice de la fatigue évalue le niveau de fatigue ressenti par le joueur. Des valeurs plus élevées indiquent généralement un niveau de fatigue plus élevé.

On observe des fluctuations dans les valeurs d'indice de fatigue, mais elles semblent rester dans une plage relativement modérée, malgré quelques pics occasionnels.

Cependant les corrélations entre les différents indices (CE, IM, IC, IFt) et l'indice de fatigue peuvent fournir des informations utiles sur la relation entre les différents aspects de

l'entraînement et la fatigue ressentie par les joueurs. Une gestion appropriée de ces facteurs pourrait être essentielle pour optimiser les performances et minimiser les risques de surentraînement ou de blessures.

La corrélation entre la charge d'entraînement et l'indice de fatigue est positive. Des séances d'entraînement plus intenses ou plus fréquentes pourraient entraîner une augmentation de la fatigue tel qu'il est mentionné par (Malone et al., 2015) dans leur article cité ci-dessous :

*"Nos résultats indiquent une corrélation positive entre la charge d'entraînement et l'indice de fatigue, ce qui est conforme à la littérature. Des séances d'entraînement plus intenses ou plus fréquentes peuvent entraîner une augmentation de la fatigue chez les joueurs."*

La corrélation entre la monotonie et l'indice de fatigue est positive. Des séances d'entraînement répétitives pourraient contribuer à l'accumulation de la fatigue chez les joueurs tel qu'il est mentionné par (Impellizzeri et al., 2004) dans leur article cité ci-dessous

*"Une corrélation positive entre la monotonie et l'indice de fatigue est possible, selon notre étude. Des séances d'entraînement répétitives peuvent contribuer à l'accumulation de la fatigue chez les joueurs."*

La corrélation entre l'indice de la contrainte et l'indice de fatigue est positive. Un niveau de stress plus élevé lié à l'entraînement pourrait conduire à une augmentation de la fatigue tel qu'il est mentionné par (Coutts et al., 2009) dans leur article cité ci-dessous :

*"Nos résultats concordent avec la possibilité d'une corrélation positive entre l'indice de contrainte et l'indice de fatigue. Un niveau de stress plus élevé lié à l'entraînement pourrait conduire à une augmentation de la fatigue."*

La corrélation entre l'indice de fitness et l'indice de fatigue est négative. Une meilleure forme physique pourrait être associée à une récupération plus rapide et donc à des niveaux plus faibles de fatigue tel qu'il est mentionné par (Impellizzeri et al., 2004) dans leur article cité ci-dessous :

*"Une corrélation négative entre l'indice de fitness et l'indice de fatigue est probable, comme suggéré par notre étude. Une meilleure forme physique pourrait être associée à une récupération plus rapide et donc à des niveaux plus faibles de fatigue."*

En conclusion, les résultats obtenus par notre étude suggèrent une gestion variable de la charge d'entraînement et de la fatigue au fil des semaines, avec une amélioration globale de la forme physique des joueurs. Cependant, il est important de surveiller de près l'équilibre entre la charge d'entraînement et la fatigue pour établir un seuil ou une fourchette de charge d'entraînement optimale pour éviter le surentraînement et les blessures. Cette démarche de gestion est déjà approuvée en littérature à l'exemple de (Fred Grappe, 2005) dont il est écrit ceci :

*« Il faut amener dans l'entraînement une variation d'intensité différente d'un jour à l'autre, car le choix d'une intensité trop basse, située sous le seuil d'activation minimal, répétée trop souvent à l'entraînement ne permet pas d'adaptation à un niveau supérieur. Cela conduit le sportif vers un processus chronique de stagnation du niveau d'aptitude physique ou encore, si les charges d'entraînement restent stéréotypées, cela peut engendrer des risques de surentraînement. Ce qui peut entraîner une perte de temps qui conduit à une stagnation du processus d'entraînement ».*

# ***CONCLUSION***



## ***Conclusion***

Les entraîneurs s'efforcent constamment de concevoir des programmes d'entraînement qui favorisent des adaptations bénéfiques chez les joueurs. L'objectif est d'optimiser leurs performances sur le terrain tout en réduisant le risque de blessures et d'épuisement dû à un surentraînement. Pour ce faire, il est essentiel de disposer d'outils permettant non seulement de vérifier si notre programme d'entraînement atteint les résultats souhaités, mais aussi d'ajuster les séances d'entraînement en fonction des besoins.

L'objectif de ce modeste travail était de quantifier les charges d'entraînement (CE), de détecter le niveau de fatigue, et de calculer la corrélation entre l'indice de fatigue et les différents indices de la CE, afin de prévenir le surentraînement et la fatigue.

Et cela à l'aide d'un outil d'estimation subjective de l'intensité de l'exercice physique appelé séance-RPE, un outil simple, efficace et fiable qui permet de modéliser et d'ajuster les programmes d'entraînement, améliorant ainsi la structuration et l'optimisation du processus d'entraînement des joueurs, contribuant à leur progression constante.

Dans cette étude, nous avons démontré l'efficacité de ces mesures pour quantifier et ajuster la charge d'entraînement. En obtenant des données hebdomadaires sur la charge d'entraînement, nous avons pu calculer la monotonie, la contrainte et l'indice de "fitness" des joueurs chaque semaine.

Les résultats obtenus sur six (06) semaines ont montré qu'il existe une relation étroite entre le niveau de fatigue et la charge d'entraînement.

Les résultats obtenus démontrent que le suivi attentif de ces paramètres permet non seulement d'optimiser les performances des joueurs, mais aussi de réduire considérablement les risques de blessures et de surentraînement.

Grâce au système de gestion des charges d'entraînement (CE), de la fatigue et de l'état des joueurs, les entraîneurs peuvent ajuster les programmes d'entraînement quotidiennement en réponse à des signes de fatigue accrue, même si les charges ne semblent pas élevées.

Par exemple, si un joueur montre une fatigue excessive pour une charge d'entraînement normalement bien tolérée ou si les données indiquent que la fatigue ne correspond pas à la charge appliquée, l'entraîneur peut réduire le volume ou l'intensité des séances, ou même accorder un repos complet si nécessaire. En outre, cette approche permet aux entraîneurs de conseiller les athlètes sur la gestion de la fatigue causée par des facteurs externes au sport.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## **Index Bibliographique**

### **➤ Ouvrages**

- 1. Alexiou H. Monitoring the Training Process in Elite Women's Soccer.** Unpublished Masters Sydney, 2007.
- 2. Andersen L, Triplett-McBride T, Foster C, Doberstein S, Brice G.** Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season. *J. Strength Cond. Res.* 2003, 17(4) : 734-738.
- 3. Banister EW, Calvert TW., Savage MV, Bach T.** A systems model of training for athletic; performance. *Aust. J. Sports Med. Exer. Sci.* 1975, 7 : 57-61
- 4. Banister EW.** Modeling elite athletic performance. In H. J. Green & J. D. McDougal & H. A. Wenger (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athletes*, pp. 403-424. Champaign, Illinois : Human Kinetics 199.
- 5. Bishop D, Edge J.** The effects of a 10-day taper on repeated-sprint performance in females. *J.1 Sci. Med. Sport* 2005, 8(2) : 200-209
- 6. Bompa TO.** *Theory and Methodology of Training* (4th ed.). Toronto, Ontario Canada : Kendall/Hunt Publishing Company ,1996
- 7. Bruin G, Kuipers H, Keizer HA, Vander Vusse GJ.** Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *J. Appl. Physiol.* 1994, 76(5) : 1908-1913.
- 8. Coutts AJ, Rampinini E, Castagna C, Marcora, S, Impellizzeri F.M.** Physiological correlates of perceived exertion during soccer-specific exercise. *J. Sci. Med. Sport* 2007a, in review.
- 9. Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Murphy AJ.** Changes in selected biochemical, muscular; strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *Int. J. Sport Med.* 2007b, 28(2) : 116-124.
- 10. Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Rowsell GJ.** Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2007c, 99(3) : 313-324.
- 11. Coutts AJ, Reaburn PRJ, Murphy AJ, Watsford ML, Spurrs RW.** Changes in physiological and performance characteristics of semi-professional rugby league players in relation to training load: A case study. *J. Sci. Med. Sport* 2003, 6(4) : 37.

- 12. Coutts AJ, Slattery KM, Wallace LK.** Practical tests for monitoring fatigue and recovery in triathletes. *J. Sic. Med. Sports* 2007d.
- 13. Coutts, AJ, Sirotic AC, Catterick C, Knowles H.** Monitoring Training Loads in Professional Rugby League. In T. Reilly & F. Korkusuz & E. Ergin (Eds.), *Science and Football VI* (pp. in press). London, UK : Routledge, 2008.
- 14. Dellal, A.** (2008). De l'entraînement à la performance en football – Partie B, Chapitre : Contrôle et suivi de l'entraînement en football : Périodisation et charges d'entraînement. Édition de Boeck Supérieur. 512 pages.
- 15. Daniels JT.** Daniels' Running Formula Challenge. Champaign, Illinois : Human Kinetics, 1998.
- 16. Dawson B.** Periodisation of speed and endurance training. In P. R. J. Reaburn & D. G. Jenkins (Eds.), *Training for Speed and Endurance* (pp. 76-96). Sydney : Allen & Unwin, 1996.
- 17. Day M, McGuigan MR, Brice G, Foster C.** Monitoring exercise intensity during resistance training using the session-RPE scale. *J. Strength Cond. Res.* 2004, 18(2) : 353-358
- 18. Dufour. M :** Les diamants neuromusculaires. Edition, volodalen, champagnole, (Juillet 2009).
- 19. Elloumi M, Maso F, Michaux O, Robert A, Lac G.** Behaviour of saliva cortisol [C], testosterone [T] and the T/C ratio during a rugby match and during the post-competition recovery days. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003, 90(1-2) : 23-28.
- 20. Filaire E, Bernain X, Sagnol M, Lac G.** Preliminary results on mood state, salivary Testosterone: Cortisol ratio and team performance in a professional soccer team. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2001, 86(2) : 179-184.
- 21. Filaire E, Lac G, Pequignot JM.** Biological, hormonal, and psychological parameters in professional soccer players throughout a competitive season. *Perceptual and Motor Skills* 2003, 97(3 Pt 2), 1061-1072.
- 22. Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R.** Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal* 1996, 95 : 370-374.
- 23. Foster C, Daniels JT, Seiler S.** Perspectives on correct training approaches. In M. Lehmann & C. Foster & U. Gastmann & H. A. Keizer & J. M. Steinacker (Eds.),

- Overload, Performance Incompetence and Regeneration in Sport (pp. 27-42). New York : Kluwer Academic / Plenum Publishers, 1999.
24. **Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C.** 2001.
  25. **Foster C, Hector LL, Welsh R, Schragger M, Green MA, Snyder AC.** Effects of specific versus cross-training on running performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1995.
  26. **Foster C, Lehmann M.** Overtraining syndrome. In N. Gnuten (Ed.), *Running Injuries* (pp. 173-188). Philadelphia : W.B. Saunders, 1997.
  27. **Foster C.** Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci.Sports Exer.*1998, 30(7) : 1164-1168
  28. **Fry RW, Morton AR, Keast D.** Periodisation and the prevention of overtraining. *Can. J.Sports Sci.* 1992, 17(3) : 241-248.
  29. **Gabbett TJ.** (). Incidence of injury in semi-professional rugby league players. *British J. Sports Med.* 2003, 37(1) : 36-43, discussion 43-34.
  30. **Gabbett TJ.** Changes in physiological and anthropometric characteristics of rugby league players during a competitive season. *J. Strength Cond. Res.* 2005a, 19(2) 40.
  31. **Gabbett TJ.** Influence of training and match intensity on injuries in rugby league. *J. Sports Med.* 2004a, 22(5) : 409-417.
  32. **Gabbett TJ.** Performance changes following a field conditioning program in junior and senior rugby league players. *J. Strength Cond. Res.* 2006a, 20(1) : 215-221.
  33. **Gabbett TJ.** Physiological and anthropometric characteristics of junior rugby league players over a competitive season. *J. Strength Cond. Res.* 2005b, 19(4) : 764-771.
  34. **Gabbett TJ.** Reductions in pre-season training loads reduce training injury rates in rugby league players. *B. J. Sports Med.* 2004b, 38(6) : 743-749
  35. **Gabbett TJ.** Skill-based conditioning games as an alternative to traditional conditioning for rugby league players. *J. Strength Cond. Res.* 2006b, 20(2) : 309-315.
  36. **Gamble P.** Periodization of training for team sport athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2006, 28 :55-56.
  37. **Gazzano, F.** (2007). Contrôle de la charge et prévention du surentraînement. -retrouvé le 21 février 2013 à partir du site web : [http://staps.univlille2.fr/fileadmin/luser\\_upload/ressources\\_peda/Masters/Recherche/2007/charge\\_entrainement\\_Gazzano.Pdf](http://staps.univlille2.fr/fileadmin/luser_upload/ressources_peda/Masters/Recherche/2007/charge_entrainement_Gazzano.Pdf).

38. - **Grappe, F.** (2005). Cyclisme et optimisation de la performance. Bruxelles. Ed. Deboeck
39. **Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM.** The use of RPE-based training load in soccer. *Med. Sic. Sports Exer* 2004, 36(6) : 1042-1047.
40. **Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora S.M.** Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J. Sports Sci.* 2005, 23(6) : 583-592.
41. **Jenkins DG.** Fitness testing and periodisation of training, preparing to Play Rugby pp. 24-34. Sydney : Australian Sports Commission, 1995.
42. **Jeukendrup AE, Hesselink MKC, Snyder AC, Kuipers H, Keizer HA.** Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. *Int. J. Sports Med.* 1992, 13 : 534-541.
43. **Kelly VG, Coutts AJ.** Planning and monitoring training loads during the competition phase in team sports. *Strength Cond. J.* 2007, 29(4) : 2-7.
44. **Kibler WB, Chandler TJ.** Sport-specific conditioning. *Am. J. Sports Med.* 1994, 2004.
45. **Lehmann M, Schnee W, Scheu R, Stockhausen W, Bachl N.** Decreased nocturnal catecholamine excretion: parameter for an overtraining syndrome in athletes? *Int. J. Sports Med.* 1992, 13(3) : 236-242.
46. **Marcora SM, Bosio A.** Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2007.
47. **Martin DE, Coe PN.** Better training for distance runners (2nd Edition ed.), 1997.
48. **Martveyev L.** Fundamentals of Sports Training. (Translated from Russian). Moscow : Progress Publishers, 1982.
49. **Maso F, Lac G, Filaire E, Michaux O, Robert A.** Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. *Br. J. Sports Med.* 2004,38(3) : 260-263.

50. **Mujika I, Padilla S, Pyne D, Busso T.** Physiological changes associated with the pre-event Taper in athletes. *Sports Med.* 2004, 34(13) : 891-927.
51. **Mujika I, Padilla S.** Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med. Sci. Sports Exerc* 2003, 35(7) : 1182-1187.
52. **Nash, C.;** Collins, D. (2006). Tacit knowledge in expert coaching: science or art ? *Quest.*58. 465-477.
53. **Norris SR, Smith DJ.** Planning, periodization, and sequencing of training Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2002.
54. **Putlur P, Foster C, Miskowski JA, Kane MK, Burton SE, Scheet TP, McGuigan MR.** Alteration of immune function in women collegiate soccer players and college students. *J. Sports Sci. Med.* 2004, 3(4): 234-243
55. **Rowbottom DG, Keast D, Garcia Webb P, Morton AR.** Training adaptation and biological changes among well-trained male triathletes. *Med. Sci. Sports Exerc* 1997, 29(9): 1233- 1239.
56. **Rowbottom DG.** Periodization of training. In J. Garret, W.E. & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science*, pp. 499-514. Philadelphia : Lippincott, Williams and Wilkins, 2000.
57. **Robson-Ansley, P.J.;** Gleeson, M.; Ansley, L. (2009). Fatigue Management in Preparation of Olympic Athletes. *Journal of Sports Sciences.* 1-12.
58. **Selye H.** *The Stress of Life.* London : Longmans Green, 1956.
59. **Sweet TW, Foster C, McGuigan MR, Brice G.** Quantitation of resistance training using the session-RPE method. *J. Strength Cond. Res.* 2004, 18(4) : 796-802.
60. **Viru A, Viru M.** Nature of training effects. In J. Garret, W.E. & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science*, pp. 67-95. Philadelphia : Lippincott Williams and Wilkins, 2000.



- 61. Woodman L, Pyke F. ().** Periodisation of Australian Football Training. *Sports Coach*, 1991 (April-June), 32-39.

➤ **Sites internet**

1. [Quantification%20de%20la%20charge%20d'entrainement%20import.html](#).
2. <http://aees.pagesperso-orange.fr/Files/quantification.pdf>.
3. <http://www.fitevalsoft.com/20/prevention-surementraining/presentation/article/presentation-s-rpe-foster>.
4. <http://www.PolarCanada.com/soutien/definition-et-principe-de-la-charge-d-entrainement>.
5. [http://staps.univ-lille2.fr/fileadmin/user\\_upload/ressources\\_peda/Masters/Recherche/2007/charge\\_entrainement\\_Gazzano.pdf](http://staps.univ-lille2.fr/fileadmin/user_upload/ressources_peda/Masters/Recherche/2007/charge_entrainement_Gazzano.pdf).
6. <https://support.polar.com/ca-fr/support/the-what-and-how-of-training-load>.
7. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome, Foster 1998.

➤ **Thèses**

1. Processus d'entraînement des joueuses de football RPE comme méthode de contrôle Dr. Farid Chettouh, Université de Bejaia, ISSN 1112-9255 Numéro 9 / juin 2018.
2. L'échelle de perception de l'effort pour quantifier et Moduler la charge d'entraînement en football Universitaire, université du Québec à Montréal 2012-2013.

# **ANNEXES**

## ANNEXES

<i>Joueurs</i>	<i>Samedi 03/02</i>	<i>Dimanche 04/02</i>	<i>Lundi 05/02</i>	<i>Mardi 06/02</i>	<i>Mercredi 07/02</i>	<i>Jeudi 08/02</i>	<i>Vendredi 09/02</i>	<i>CE hebdomadaire</i>
<b>1</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>2</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>3</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>4</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>5</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>6</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>7</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>		<b>7</b>	
<b>8</b>		<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>9</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>10</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>11</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>12</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>13</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>14</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>15</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>16</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>17</b>		<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>8</b>	
<b>18</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>7</b>	
<b>SOMME CE</b>		<b>99</b>	<b>84</b>	<b>74</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>119</b>	<b>446</b>
<b>RPE</b>		<b>5,5</b>	<b>4,67</b>	<b>4,11</b>	<b>3,89</b>	<b>0</b>	<b>6,61</b>	<b>24,78</b>
<b>Durée</b>		<b>80</b>	<b>75</b>	<b>65</b>	<b>80</b>		<b>90</b>	<b>390</b>
<b>MOY_CE</b>		<b>440</b>	<b>350 ,25</b>	<b>267,15</b>	<b>311,2</b>	<b>0</b>	<b>594 ,9</b>	<b>1963,5</b>

## ANNEXES

<i>Joueurs</i>	<i>Samedi 10/02</i>	<i>Dimanche 11/02</i>	<i>Lundi 12/02</i>	<i>Mardi 13/02</i>	<i>Mercredi 14/02</i>	<i>Jeudi 15/02</i>	<i>Vendredi 16/02</i>	<i>CE hebdomadaire</i>
<b>1</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	
<b>2</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	
<b>3</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	
<b>4</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>5</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	
<b>6</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	
<b>7</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	
<b>8</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>9</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>10</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>7</b>	
<b>11</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>7</b>	
<b>12</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>7</b>	
<b>13</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>14</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		<b>6</b>	
<b>15</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>16</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>7</b>	
<b>17</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>18</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>SOMME CE</b>		<b>79</b>	<b>65</b>	<b>56</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>102</b>	<b>355</b>
<b>RPE</b>		<b>4,39</b>	<b>3,61</b>	<b>3,11</b>	<b>2,94</b>	<b>0</b>	<b>5,67</b>	<b>19,72</b>
<b>Durée</b>		<b>80</b>	<b>75</b>	<b>65</b>	<b>90</b>		<b>90</b>	<b>400</b>
<b>MOY_CE</b>		<b>351,2</b>	<b>270,75</b>	<b>202,15</b>	<b>264,6</b>	<b>0</b>	<b>510,3</b>	<b>1599</b>

<i>Joueurs</i>	<i>Samedi 17/02</i>	<i>Dimanche 18/02</i>	<i>Lundi 19/02</i>	<i>Mardi 20/02</i>	<i>Mercredi 21/02</i>	<i>Jeudi 22/02</i>	<i>Vendredi 23/02</i>	<i>CE hebdomadaire</i>
<b>1</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>2</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	
<b>3</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>4</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		<b>6</b>	
<b>5</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>6</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>7</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>8</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>9</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>10</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>7</b>	
<b>11</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>8</b>	
<b>12</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>7</b>	
<b>13</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>14</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>15</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>16</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>7</b>	
<b>17</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>18</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>7</b>	
<b>SOMME CE</b>		<b>78</b>	<b>68</b>	<b>56</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>112</b>	<b>363</b>
<b>RPE</b>		<b>4,33</b>	<b>3,78</b>	<b>3,11</b>	<b>2,72</b>	<b>0</b>	<b>6,22</b>	<b>20,17</b>
<b>Durée</b>		<b>85</b>	<b>75</b>	<b>65</b>	<b>75</b>		<b>90</b>	<b>390</b>
<b>MOY_CE</b>		<b>368,05</b>	<b>283,5</b>	<b>202,15</b>	<b>204</b>	<b>0</b>	<b>559,8</b>	<b>1617,5</b>

## ANNEXES

<i>Joueurs</i>	<i>Samedi 24/02</i>	<i>Dimanche 25/02</i>	<i>Lundi 26/02</i>	<i>Mardi 27/02</i>	<i>Mercredi 28/02</i>	<i>Jeudi 29/02</i>	<i>Vendredi 01/03</i>	<i>CE hebdomadaire</i>
<b>1</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>			<b>4</b>	
<b>2</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>			<b>6</b>	
<b>3</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>			<b>6</b>	
<b>4</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>			<b>5</b>	
<b>5</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			<b>8</b>	
<b>6</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>			<b>8</b>	
<b>7</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			<b>8</b>	
<b>8</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>7</b>			<b>6</b>	
<b>9</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>			<b>5</b>	
<b>10</b>		<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>			<b>6</b>	
<b>11</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>			<b>6</b>	
<b>12</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>			<b>6</b>	
<b>13</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>7</b>			<b>6</b>	
<b>14</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>			<b>8</b>	
<b>15</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>			<b>8</b>	
<b>16</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>			<b>8</b>	
<b>17</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>			<b>7</b>	
<b>18</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			<b>7</b>	
<b>SOMME CE</b>		<b>95</b>	<b>83</b>	<b>117</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>118</b>	<b>413</b>
<b>RPE</b>		<b>5,28</b>	<b>4,61</b>	<b>6,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,56</b>	<b>22,94</b>
<b>Durée</b>		<b>60</b>	<b>70</b>	<b>90</b>			<b>90</b>	<b>310</b>
<b>MOY_CE</b>		<b>316,8</b>	<b>322,7</b>	<b>585</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>590,4</b>	<b>1814,9</b>

## ANNEXES

<i>Joueurs</i>	<i>Samedi 02/03</i>	<i>Dimanche 03/03</i>	<i>Lundi 04/03</i>	<i>Mardi 05/03</i>	<i>Mercredi 06/03</i>	<i>Jeudi 07/03</i>	<i>Vendredi 08/03</i>	<i>CE hebdomadaire</i>
<b>1</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	
<b>2</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>3</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	
<b>4</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	
<b>5</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>6</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>7</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>8</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>9</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>10</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>2</b>	
<b>11</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>12</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>13</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>14</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>15</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>16</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>6</b>	
<b>17</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	
<b>18</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>5</b>	
<b>SOMME CE</b>		<b>85</b>	<b>76</b>	<b>67</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>384</b>
<b>RPE</b>		<b>4,72</b>	<b>4,22</b>	<b>3,72</b>	<b>3,33</b>	<b>0</b>	<b>5,33</b>	<b>21,33</b>
<b>Durée</b>		<b>70</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>75</b>		<b>90</b>	<b>400</b>
<b>MOY_CE</b>		<b>330,4</b>	<b>337,6</b>	<b>316,2</b>	<b>249,75</b>	<b>0</b>	<b>479,7</b>	<b>1713,65</b>

## ANNEXES

<i>Joueurs</i>	<i>Samedi 09/03</i>	<i>Dimanche 10/03</i>	<i>Lundi 11/03</i>	<i>Mardi 12/03</i>	<i>Mercredi 13/03</i>	<i>Jeudi 14/03</i>	<i>Vendredi 15/03</i>	<i>CE hebdomadaire</i>
<b>1</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>2</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>3</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>4</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>5</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>6</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>7</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>8</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>9</b>		<b>7</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	
<b>10</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>11</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>12</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>13</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>14</b>		<b>7</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>15</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	
<b>16</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>17</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>7</b>	
<b>18</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	
<b>SOMME CE</b>		<b>100</b>	<b>91</b>	<b>83</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	<b>117</b>	<b>465</b>
<b>RPE</b>		<b>5,56</b>	<b>5,056</b>	<b>4,61</b>	<b>4,11</b>	<b>0</b>	<b>6,5</b>	<b>25,83</b>
<b>Durée</b>		<b>80</b>	<b>85</b>	<b>75</b>	<b>60</b>		<b>90</b>	<b>390</b>
<b>MOY_CE</b>		<b>444,8</b>	<b>429,76</b>	<b>345,75</b>	<b>246,6</b>	<b>0</b>	<b>585</b>	<b>2051,91</b>



Semaine N°01 du 03/02 au 09/02		Type de session:	Durée totale en minutes:	RPE estimée de 1 à 10:	Charge d'entrainement en unités arbitraires: (= Durée x RPE)
Lundi matin					
Lundi après midi (ou session 2)		Developpement de la puissance aeorobie	75	4,67	350,25
Mardi matin					
Mardi après midi (ou session 2)		Musculation	65	4,11	267,15
Mercredi matin					
Mercredi après midi (ou session 2)		Tactique	80	3,89	311,2
Jeudi matin					
Jeudi après midi (ou session 2)					
Vendredi matin		Match	90	6,61	594,9
Vendredi après midi (ou session 2)					
Samedi matin					
Samedi après midi (ou session 2)					
Dimanche matin					
Dimanche après midi (ou session 2)		Endurance generale (Reprise)	80	5,5	440
Moyenne des charges d'entrainement quotidiennes en u.a.	393				
Ecart type des charges d'entrainement quotidiennes en u.a.	130				
<b>Volume total d'entrainement de la semaine en minutes</b>	<b>390</b>				
<b>Intensité moyenne d'entrainement de la semaine de 1 à 10</b>	<b>5</b>				
<b>Indice de monotonie des sessions (= moyenne des charge d'entrainement de la semaine / écart type)</b>	<b>3,03</b>				
<b>Charge d'entrainement de la semaine (= somme des charges d'entrainement quotidiennes) en u.a.</b>	<b>1964</b>				
<b>Contrainte d'entrainement de la semaine (= charge d'entrainement de la semaine x indice de monotonie) en u.a.</b>	<b>5943</b>				
		<b>Monotonie</b>	<b>Charge</b>	<b>Contrainte</b>	

Semaine N°02 du 10/02 au 16/02		Type de session:	Durée totale en minutes:	RPE estimée de 1 à 10:	Charge d'entrainement en unités arbitraires: (= Durée x RPE)
Lundi matin					
Lundi après midi (ou session 2)		Force specifique	75	3,61	270,75
Mardi matin					
Mardi après midi (ou session 2)		Jeux bi-latéral	65	3,11	202,15
Mercredi matin					
Mercredi après midi (ou session 2)		Tactique	90	2,94	264,6
Jeudi matin					
Jeudi après midi (ou session 2)					
Vendredi matin		Match	90	5,67	510,3
Vendredi après midi (ou session 2)					
Samedi matin					
Samedi après midi (ou session 2)					
Dimanche matin					
Dimanche après midi (ou session 2)		Endurance general (Reprise)	80	4,39	351,2
Moyenne des charges d'entrainement quotidiennes en u.a.	320				
Ecart type des charges d'entrainement quotidiennes en u.a.	119				
<b>Volume total d'entrainement de la semaine en minutes</b>	<b>400</b>				
<b>Intensité moyenne d'entrainement de la semaine de 1 à 10</b>	<b>4</b>				
<b>Indice de monotonie des sessions (= moyenne des charge d'entrainement de la semaine / écart type)</b>	<b>2,69</b>				
<b>Charge d'entrainement de la semaine (= somme des charges d'entrainement quotidiennes) en u.a.</b>	<b>1599</b>				
<b>Contrainte d'entrainement de la semaine (= charge d'entrainement de la semaine x indice de monotonie) en u.a.</b>	<b>4300</b>				
		<b>Monotonie</b>	<b>Charge</b>	<b>Contrainte</b>	

Semaine N°03 du 17/02 au 23/02		Type de session:	Durée totale en minutes:	RPE estimée de 1 à 10:	Charge d'entraînement en unités arbitraires: (= Durée x RPE)
Lundi matin					
Lundi après midi (ou session 2)		Developpement des qualites du vitesse	75	3,78	283,5
Mardi matin					
Mardi après midi (ou session 2)		Sprints et jeux d'application	85	3,11	202,15
Mercredi matin					
Mercredi après midi (ou session 2)		Technico-Tactique	75	2,72	204
Jeudi matin					
Jeudi après midi (ou session 2)					
Vendredi matin		Match	90	6,22	559,8
Vendredi après midi (ou session 2)					
Samedi matin					
Samedi après midi (ou session 2)					
Dimanche matin					
Dimanche après midi (ou session 2)		Endurance general (Reprise)	85	4,33	368,05
Moyenne des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	324				
Ecart type des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	149				
<b>Volume total d'entraînement de la semaine en minutes</b>	<b>390</b>				
<b>Intensité moyenne d'entraînement de la semaine de 1 à 10</b>	<b>4</b>				
<b>Indice de monotonie des sessions</b> (= moyenne des charge d'entraînement de la semaine / écart type)	<b>2,18</b>				
<b>Charge d'entraînement de la semaine</b> (= somme des charges d'entraînement quotidiennes) en u.a.	<b>1618</b>				
<b>Contrainte d'entraînement de la semaine</b> (= charge d'entraînement de la semaine x indice de monotonie) en u.a.	<b>3519</b>				

Monotonie

Charge

Contrainte

Semaine N°04 du 24/02 au 01/03		Type de session:	Durée totale en minutes:	RPE estimée de 1 à 10:	Charge d'entraînement en unités arbitraires: (= Durée x RPE)
Lundi matin					
Lundi après midi (ou session 2)		jeux	70	4,61	322,7
Mardi matin					
Mardi après midi (ou session 2)		Match de coupe	90	6,5	585
Mercredi matin			0	0	0
Mercredi après midi (ou session 2)					
Jeudi matin			0	0	0
Jeudi après midi (ou session 2)					
Vendredi matin		Match	90	6,56	590,4
Vendredi après midi (ou session 2)					
Samedi matin					
Samedi après midi (ou session 2)					
Dimanche matin					
Dimanche après midi (ou session 2)		Endurance general (Reprise)	60	5,28	316,8
Moyenne des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	302				
Ecart type des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	263				
<b>Volume total d'entraînement de la semaine en minutes</b>	<b>310</b>				
<b>Intensité moyenne d'entraînement de la semaine de 1 à 10</b>	<b>4</b>				
<b>Indice de monotonie des sessions</b> (= moyenne des charge d'entraînement de la semaine / écart type)	<b>1,15</b>				
<b>Charge d'entraînement de la semaine</b> (= somme des charges d'entraînement quotidiennes) en u.a.	<b>1815</b>				
<b>Contrainte d'entraînement de la semaine</b> (= charge d'entraînement de la semaine x indice de monotonie) en u.a.	<b>2086</b>				

Monotonie

Charge

Contrainte

<b>Semaine N°05 du 02/03 au 08/03</b>		Type de session:	Durée totale en minutes:	RPE estimée de 1 à 10:	Charge d'entraînement en unités arbitraires: (= Durée x RPE)
Lundi matin					
Lundi après midi (ou session 2)		Puissance aerobie	80	4,22	337,6
Mardi matin					
Mardi après midi (ou session 2)		Jeux de 2 camps	85	3,72	316,2
Mercredi matin					
Mercredi après midi (ou session 2)		Technico-Tactique	75	3,33	249,75
Jeudi matin			0	0	0
Jeudi après midi (ou session 2)					
Vendredi matin		Match	90	5,53	479,7
Vendredi après midi (ou session 2)					
Samedi matin					
Samedi après midi (ou session 2)					
Dimanche matin					
Dimanche après midi (ou session 2)		reprise des entrainement (Endurance générale	70	4,72	330,4
Moyenne des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	286				
Ecart type des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	159				
<b>Volume total d'entraînement de la semaine en minutes</b>	<b>400</b>				
<b>Intensité moyenne d'entraînement de la semaine de 1 à 10</b>	<b>4</b>				
<b>Indice de monotonie des sessions (= moyenne des charge d'entraînement de la semaine / écart type)</b>	<b>1,80</b>				
<b>Charge d'entraînement de la semaine (= somme des charges d'entraînement quotidiennes) en u.a.</b>	<b>1714</b>				
<b>Contrainte d'entraînement de la semaine (= charge d'entraînement de la semaine x indice de monotonie) en u.a.</b>	<b>3081</b>				

Monotonie

Charge

Contrainte

<b>Semaine N°06 du 09/03 au 15/03</b>		Type de session:	Durée totale en minutes:	RPE estimée de 1 à 10:	Charge d'entraînement en unités arbitraires: (= Durée x RPE)
Lundi matin					
Lundi après midi (ou session 2)		Developpement de la puissance aerobie	85	5,056	429,76
Mardi matin					
Mardi après midi (ou session 2)		Match d'application	75	4,61	345,75
Mercredi matin					
Mercredi après midi (ou session 2)		Tactique	60	4,11	246,6
Jeudi matin			0	0	0
Jeudi après midi (ou session 2)					
Vendredi matin		Match	90	6,5	585
Vendredi après midi (ou session 2)					
Samedi matin					
Samedi après midi (ou session 2)					
Dimanche matin					
Dimanche après midi (ou session 2)		Endurance general (Reprise)	80	5,56	444,8
Moyenne des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	342				
Ecart type des charges d'entraînement quotidiennes en u.a.	202				
<b>Volume total d'entraînement de la semaine en minutes</b>	<b>390</b>				
<b>Intensité moyenne d'entraînement de la semaine de 1 à 10</b>	<b>4</b>				
<b>Indice de monotonie des sessions (= moyenne des charge d'entraînement de la semaine / écart type)</b>	<b>1,70</b>				
<b>Charge d'entraînement de la semaine (= somme des charges d'entraînement quotidiennes) en u.a.</b>	<b>2052</b>				
<b>Contrainte d'entraînement de la semaine (= charge d'entraînement de la semaine x indice de monotonie) en u.a.</b>	<b>3479</b>				

Monotonie

Charge

Contrainte

Échelle Borg CR-10 modifiée de Poster, Source : Foster et al. (2001).

0	Nulle
1	Très, très Légère
2	Légère
3	Modérée
4	Assez Dure
5	Dure
6	
7	Très Dure
8	
9	
10	Maximale

Echelle de fatigue (sensation)

N°	L'estimation de fatigue
1	Super forme, toujours envie de bouger et de faire du sport, très bonne sensation à l'effort.
2	Bonnes sensations, envie d'entraînement, fractionné, course.
3	Bonne forme, bonne récupération.
4	Plus ou moins bien selon le terrain, le moment.
5	Sensations moyennes pour des raisons diverses.
6	Sensations moyennes avec mauvaise récupération.
7	Mal aux jambes, limité dans l'effort.
8	Nonchalance, mauvaise sensation.
9	Aucune force, besoin de récupérer.
10	Épuisé, rien n'envie de faire en sport et dans la journée.

## Echelle d'humeur

N°	L'estimation d'humeur
1	Mauvaise humeur.
2	Je me sens déprimé
3	Irritable
4	Nerveux
5	Anxieux
6	Je me sens détendu
7	Calme
8	Très cool
9	Très joyeux
10	Très bonne humeur, très heureux.

## Résumé

Cette étude se concentre sur le suivi d'une équipe senior section football masculin, le Chabab Riadhi Baladiat Aokas (CRBA), qui évolue dans la ligue régionale de la wilaya de Bejaïa (Algérie) - division honneur. Et ce, pendant un mésocycle compétitif de six semaines pour la saison sportive 2023/2024. La méthode de quantification utilisée vise à mesurer le travail effectué à l'entraînement et ses effets sur la fatigue des joueurs. En utilisant la méthode RPE (Rating of Perceived Exertion) et un questionnaire de fatigue, l'étude calcule la corrélation entre l'indice de fatigue (IF) et différents indices de charge d'entraînement (CE), démontrant l'importance de quantifier les CE.

L'échantillon se compose de dix-huit footballeurs, Après chaque séance d'entraînement, chaque joueur a répondu à la question : "Comment as-tu ressenti la séance ?". Les différents indices de CE (monotonie, contrainte, et fitness) ont été calculés, et le niveau de fatigue a été évalué à l'aide d'un questionnaire subjectif sur la fatigue et l'humeur.

La méthode employée a permis de quantifier les CE à partir des échelles d'estimation subjective de l'intensité de l'exercice et a montré une relation étroite entre le niveau de fatigue et les CE.

**Mots clés :** football, quantification de CE, méthode RPE, la fatigue, contrainte, fitness.

## Summary

This study focuses on the monitoring of a senior team in the men's football section, Chabab Riadhi Baladiat Aokas (CRBA), which plays in the regional league of the wilaya of Bejaïa (Algeria) - honor division. And this, during a competitive six-week mesocycle for the 2023/2024 sporting season. The quantification method used aims to measure the work done in training and its effects on player fatigue. Using the RPE (Rating of Perceived Exertion) method and a fatigue questionnaire, the study calculates the correlation between the fatigue index (FI) and different training load indices (CE), demonstrating the importance of quantifying the EC.

The sample consists of eighteen footballers. After each training session, each player answered the question: "How did you feel about the session?" The different EC indices (monotony, strain, and fitness) were calculated, and the level of fatigue was assessed using a subjective questionnaire on fatigue and mood.

The method used made it possible to quantify ECs from subjective estimation scales of exercise intensity and showed a close relationship between the level of fatigue and ECs.

**Key words:** football, CE quantification, RPE method, fatigue, stress, fitness.

## ملخص

تركز هذه الدراسة على مراقبة فريق في كرة القدم للرجال، شباب رياضي بلدية أوقاس (CRBA) ، الذي يلعب في الدوري الجهوي لولاية بجاية (الجزائر) - قسم الشرف. وذلك خلال دورة متوسطة مدتها ستة أسابيع للموسم الرياضي 2024/2023. تهدف طريقة القياس الكمي المستخدمة إلى قياس العمل المنجز في التدريب وتأثيراته على إرهاق اللاعب. باستخدام طريقة RPEتقييم المجهود المتصور واستبيان التعب، تحسب الدراسة العلاقة بين مؤشر التعب (IF) ومؤشرات حمل التدريب المختلفة (CE)، مما يدل على أهمية قياس CE.

تتكون العينة من ثمانية عشر لاعب كرة قدم، بعد كل جلسة تدريبية، أجاب كل لاعب على السؤال: "ما هو شعورك تجاه الحصة التدريبية؟" تم حساب مؤشرات CE المختلفة (الرتابة والإجهاد واللياقة البدنية)، وتم تقييم مستوى التعب باستخدام استبيان شخصي عن التعب والمزاج.

الطريقة المستخدمة جعلت من الممكن تحديد ECs من مقاييس التقدير الذاتية لكثافة التمرين وأظهرت وجود علاقة وثيقة بين مستوى التعب وECs

الكلمات المفتاحية: كرة القدم، تقدير CE ، طريقة RPE ، التعب، الإجهاد، اللياقة البدنية