

# Distribution des intensités et quantification de la charge d'entraînement chez de jeunes joueurs de tennis élite U15

Marie-Florine Michel, Jean-Marc Duboscq, Sébastien Ratel, Laurent Schmitt, Alexandre Hidalgo et Cyril Brechbuhl

Fédération Française de Tennis, France.

## RÉSUMÉ

Les objectifs de cette étude étaient de quantifier l'intensité d'entraînement en fonction du temps passé dans trois zones d'intensité métabolique, de comparer l'intensité programmée, l'intensité mesurée (Fréquence cardiaque) et l'intensité estimée (RPE : Perception de l'effort), et ensuite, de déterminer les charges d'entraînement chez 8 joueurs de tennis masculins de haut niveau. Aucune différence n'a été constatée entre le temps programmé dans les zones 1 ( $69.9 \pm 4.8 \%$ ) et 2 ( $22.8 \pm 4.4 \%$ ) et les temps passés à une fréquence cardiaque inférieure au Seuil Ventilatoire 1 (SV1) ( $78.9 \pm 9.4 \%$ ) et comprise entre le SV1 et le Seuil Ventilatoire 2 (SV2) ( $18.3 \pm 9.5 \%$ ) ( $p > 0.05$ ). Ainsi, ils s'entraînaient de manière conforme à la distribution des intensités programmée et recommandée en adoptant un modèle « pyramidal » de répartition de l'intensité. De plus, des différences significatives ont été constatées entre les pourcentages de temps programmé et les pourcentages de temps perçu (RPE) pour toutes les zones ( $p < 0.05$ ). La surestimation de l'intensité estimée peut s'expliquer par leur âge et la nature intermittente du tennis. Enfin, nous pouvons remarquer que la charge d'entraînement programmée est similaire à celle observée pour des joueurs du même âge et du même niveau.

**Mots-clés :** distribution des intensités, charge d'entraînement, RPE, fréquence cardiaque.

**Article reçu :** 13 June 2022

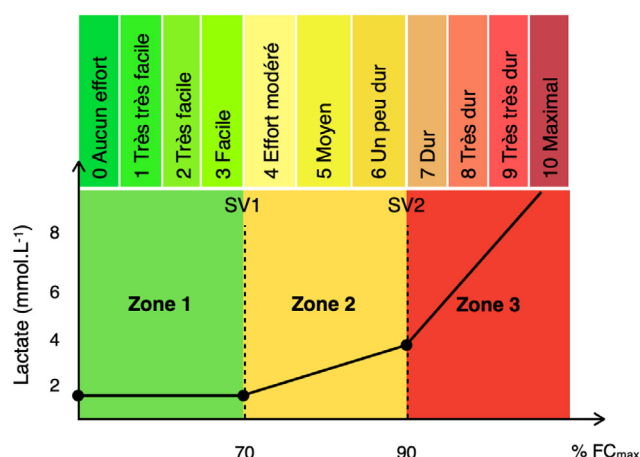
**Article accepté :** 25 Juillet 2022

**Auteur correspondant :**  
Cyril Brechbuhl. Email: cyril.brechbuhl@fft.fr

## INTRODUCTION

Outre des qualités mentales, technico-tactiques et perceptivo-cognitives que doit posséder l'athlète, la performance au tennis requiert une interaction complexe entre les filières énergétiques (aérobie et anaérobie) (Fernandez et al., 2006) et des qualités physiques complètes (qualités de vitesse de déplacement, d'endurance, de force explosive, de coordination, d'agilité, de souplesse) (Girard et al., 2018). Le développement combiné de ces différentes capacités relève de compétences méthodologiques de la part des entraîneurs. Plusieurs études ont quantifié l'intensité de l'entraînement chez différents types d'athlètes en endurance (Esteve-Lanao et al., 2007; Seiler & Kjerland, 2006). Afin de quantifier l'intensité de l'entraînement, la plupart du temps, les entraîneurs se fondent sur des indicateurs physiologiques et subjectifs et découpent la gamme des intensités d'entraînement en 3 ou 5 zones distinctes. Le modèle à 3 zones et le modèle à 5 zones ont des points d'intensité communs autour des seuils lactiques (2 et 4 mmol.L<sup>-1</sup>) et ventilatoires (Seiler, 2010) (Figure 1).

Le modèle le plus utilisé par les athlètes, notamment au tennis, est celui dit « polarisé » (Stöggl & Sperlich, 2014). Dans ce modèle, 75-80 % des séances sont effectuées à de faible intensité, c'est-à-dire inférieure ou égale au premier seuil



**Figure 1.** Le modèle à trois zones d'intensité, comprenant l'équivalence RPE, basé sur l'identification des seuils lactiques et ventilatoires (SV1 et SV2).

ventilatoire (Zone 1) et 15-20 % à des intensités, dites très élevées, supérieure ou égale au deuxième seuil ventilatoire (Zone 3) (Laursen, 2010; Stöggl & Sperlich, 2014; Treff et al., 2019). Outre la distribution des intensités, les entraîneurs

cherchent également à atteindre une charge d'entraînement suffisamment importante tout en limitant le risque de blessure (Halson, 2014). Une multitude de méthodes a été proposée permettant de mesurer la charge d'entraînement. Le principe commun aux différentes approches permettant de quantifier la charge d'entraînement consiste à multiplier un indicateur de volume par un indicateur de difficulté ou d'intensité de l'entraînement (Foster et al., 2001 ; Impellizzeri et al., 2004). Elles se répartissent en deux approches : d'une part les méthodes de quantification fondées sur les variables physiologiques (la fréquence cardiaque (FC), la lactatémie, la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max)); d'autre part les méthodes utilisant les variables psychométriques (la difficulté de l'effort perçu, nommé RPE) (Seiler, 2010). La fréquence cardiaque est un paramètre rapidement mesurable, de manière non invasive, facile à implanter à l'entraînement et applicable à un grand nombre de joueurs en même temps (Buchheit, 2014). De plus, de nombreuses méthodes pour quantifier la charge d'entraînement, basées sur la fréquence cardiaque, ont vu le jour notamment la méthode « Training Impulse » (TRIMPS) (Banister, 1991; Edwards, 1993; Lucia et al., 2003). Cependant, la mesure de la fréquence cardiaque comme seul outil d'analyse de la charge d'entraînement requiert une certaine expertise lors de l'analyse et de l'interprétation des données recueillies. Concernant les autres mesures physiologiques, telles que la mesure de la lactatémie et la mesure de la VO<sub>2</sub>max, celles-ci ne sont pas pratiques en situation d'entraînement et encore moins en compétition. Afin de quantifier la charge d'entraînement, la RPE est le moyen le plus fréquemment utilisé (Halson, 2014). La RPE, développée par Borg, permet à l'athlète de fournir des informations concernant son effort perçu après l'entraînement ou la compétition sur une échelle de Borg (Borg, 1998). Chen et ses collaborateurs (2002) ont indiqué que la RPE est un moyen valide d'évaluer l'intensité de l'exercice. De plus, l'évaluation de l'effort perçu est largement reconnue comme l'une des méthodes les plus appropriées pour surveiller la charge au tennis (Coutts et al., 2010; Gomes et al., 2011). La méthode proposée par Foster et ses collaborateurs (2001), appelée séance-RPE (sRPE), consiste à multiplier la difficulté globale perçue de la séance (RPE prises sur une échelle de Borg modifiée CR-10) par la durée totale de la séance (en minute) pour obtenir un score exprimé en unités arbitraires (UA) qui quantifie la charge d'entraînement. Toutefois, aucune étude publiée n'a décrit la distribution de l'intensité d'entraînement et les charges d'entraînement chez des joueurs de tennis U15 de haut niveau. L'objectif principal de cette étude est donc de quantifier la distribution de l'intensité d'entraînement quotidien ainsi que les charges d'entraînement chez de jeunes joueurs de tennis. Nous avons également comparé la distribution de l'intensité de l'entraînement en utilisant deux mesures indépendantes : la fréquence cardiaque et l'effort perçu lors des séances d'entraînement. Nous avons émis l'hypothèse que les joueurs s'entraîneraient selon un modèle d'entraînement « pyramidal », où relativement peu d'entraînement serait effectué à des intensités supérieures au deuxième seuil ventilatoire.

## MATÉRIELS ET MÉTHODE

### Joueurs

Huit joueurs de tennis masculins (âge : 13.8 ± 1.0 ans ; taille : 166.1 ± 12.8 cm ; masse corporelle : 51.5 ± 11.0 kg) avec un International Tennis Number (ITN) allant de 2 à 3 (ITN 2 = 2 joueurs ; ITN 3 = 6 joueurs) et faisant partie du Pôle

France (intégré au CREPS de Poitiers), ont participé à cette étude. Les joueurs de tennis recrutés, volontaires, étaient considérés en bonne santé et exempts de tout type de blessure chronique. Après avoir reçu des informations sur les procédures utilisées dans cette étude, les participants et leurs représentants légaux ont signé un formulaire de consentement éclairé.

### Procédures

Au début de la saison, tous les joueurs ont effectué la procédure TEST qui a permis de déterminer les seuils ventilatoires pour les entraînements tennis (Brechtbuhl et al., 2016a, 2016b). Ensuite au cours de 12 semaines (février à mai) de la saison 2022, la Fréquence Cardiaque (FC) et la perception d'effort (RPE) ont été collectées lors des séances d'entraînement, des matchs simulés et des matchs officiels. Le programme d'entraînement a été planifié par les entraîneurs de tennis pour chaque joueur en fonction des tournois, de l'état de forme, des blessures éventuelles et des objectifs techniques et physiques de chaque joueur. Les séances d'entraînement ont eu lieu 70 % du temps sur terre battue extérieure, 25 % du temps sur GreenSet® intérieur et 5 % du temps sur GreenSet® extérieur. Chaque joueur de tennis a effectué 11.5 ± 2.2 séances d'entraînement technique/tactique par semaine d'une durée allant de 30 minutes à 3 heures pour chaque période d'entraînement (matin ou après-midi). Les données de fréquence cardiaque ont été recueillies lors de chaque séance d'entraînement, à l'aide d'un cardiofréquencemètre Polar H10® (Polar Electro, Kempele, Finlande), sauf les semaines 9 et 10 (Figure 2B), où les données n'ont pas pu être récoltées (Tournoi International). De plus, tous les soirs, chaque athlète a enregistré sa RPE pour l'ensemble de chaque séance (matin et/ou après-midi) à l'aide de l'échelle de Borg modifiée CR-10 (Foster et al., 2001 ; Gomes et al., 2015 ; Haddad et al., 2017). Les joueurs devaient choisir un score entre 0 (repos) et 10 (effort maximal).

## TRAITEMENT DES DONNÉES

### La distribution de l'intensité

La durée des entraînements a été déterminée en utilisant le programme d'entraînement planifié par les entraîneurs. Les données de fréquence cardiaque n'ont été prises en compte que lorsque le joueur a porté au moins 75 % du temps le cardiofréquencemètre pour chaque semaine. Ces données ont été enregistrées à l'aide du logiciel Polar Team System® (Polar Electro, Kempele, Finlande) qui calcule le pourcentage de temps passé dans chacune des zones de FC prédéfinies. Ces données ont ensuite été utilisées pour déterminer l'intensité de chaque semaine d'entraînement en trois zones d'intensité (Zone 1 ≤ SV1 ; Zone 2 > SV1 et < SV2 ; Zone 3 ≥ SV2). Les deux seuils ventilatoires, pour les entraînements de tennis, ont été établis sur la base des résultats de la procédure TEST (Brechtbuhl et al., 2016a, 2016b). D'après les résultats d'une étude auprès de triathlètes âgés de 14-15 ans ayant un volume d'entraînement comparable (Birat et al., s. d.), le SV1 a été fixé à 70 % FCmax et le SV2 à 90 % FCmax pour tous les entraînements hors tennis pour l'ensemble des joueurs. Concernant les données de RPE, les résultats de l'échelle CR-10 ont été divisés en trois zones : Zone 1 ≤ 4 ; Zone 2 > 4 et < 7 ; Zone 3 ≥ 7, conformément à Seiler & Kjerland (2006). Par la suite, le temps passé dans chaque zone de RPE par semaine a été calculé en additionnant la durée de chaque séance pour chaque zone. Le pourcentage

du temps passé dans chaque zone d'entraînement basée sur la fréquence cardiaque et celle basée sur la RPE a été comparé à la distribution des intensités programmée par les entraîneurs.

**La charge d'entraînement**

Les résultats de l'étude de Gomes et collaborateurs (2015) confirment la validité et, par conséquent, la possibilité d'utiliser la méthode séance-RPE (sRPE) pour quantifier la charge d'entraînement au tennis. La charge d'entraînement ou sRPE quotidienne est calculée par le produit de l'intensité (RPE de la demi-journée) et du volume (la durée de l'activité) (Foster et al., 2001). Ensuite, la charge d'entraînement hebdomadaire est obtenue par la somme des sRPE quotidiennes de la semaine.

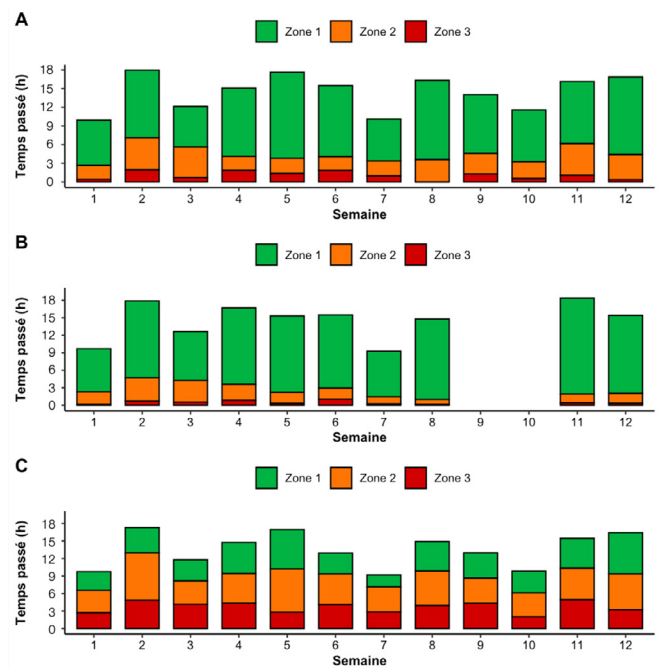
**ANALYSE DES DONNÉES**

Toutes les données ont été exprimées en moyenne ± écart-type et ont été analysées à l'aide de RStudio (RStudio v1.3.1093, US). La normalité de la distribution des données a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. La distribution de l'intensité d'entraînement a été comparée pour chaque méthode d'évaluation (programmée (entraîneur) vs. mesurée (FC) vs. estimée (RPE)) et pour chaque zone d'intensité (Zone 1 vs. Zone 2 vs. Zone 3) à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs (méthode d'évaluation et zone d'intensité). Si une différence significative a été trouvée, une comparaison par paires (Méthode de Bonferroni) a été utilisée comme test post-hoc. Le niveau de signification a été fixé à  $p < 0.05$  pour toutes les analyses.

**RÉSULTATS**

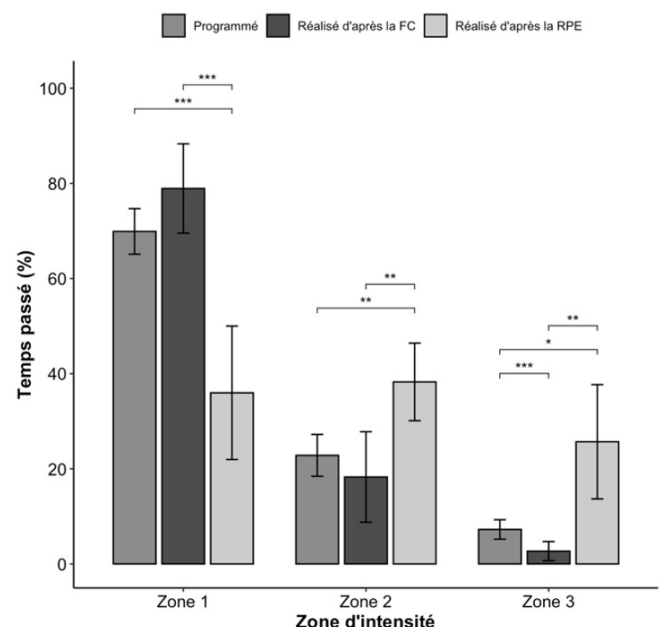
En moyenne, chaque semaine, l'intensité programmée se répartit de la manière suivante : plus de 9 h d'entraînement en Zone 1, 3 h environ sont consacrées à la Zone 2 et 1 h pour la Zone 3 (Figure 2A). Les données de fréquence cardiaque montrent que les joueurs ont passé en moyenne un peu moins de 12 h en Zone 1, un peu plus de 2 h en Zone 2 et 30 min en Zone 3 chaque semaine (Figure 2B). Concernant la distribution des intensités réalisées d'après la RPE, les joueurs ont perçu leur effort, en moyenne par semaine, plus de 4 h en Zone 1, environ 5 h en Zone 2 et 3 h en Zone 3 (Figure 2C).

Le pourcentage de temps moyen passé dans chacune des trois zones d'intensité suivant les trois méthodes d'évaluation (programmée (entraîneur) vs. mesurée (FC) vs. estimée (RPE)) est présenté dans la Figure 3. L'analyse statistique a révélé un effet principal du facteur « Zone » ( $p < 0.05$ ), pas d'effet du facteur « Méthode d'évaluation » et une interaction significative entre ces deux facteurs ( $p < 0.05$ ). Une différence significative a été trouvée entre le pourcentage de temps programmé dans la Zone 1 ( $69.9 \pm 4.8 \%$ ) et le pourcentage de temps perçu par les joueurs dans la Zone 1 (Intensité  $\leq 4$  sur l'échelle de Borg modifiée CR-10) ( $36.0 \pm 14.0 \%$ ) ( $p < 0.001$ ). Aucune différence n'a été constatée entre le temps programmé dans la Zone 1 et le temps passé à une fréquence cardiaque inférieure ou égale à SV1 ( $78.9 \pm 9.4 \%$ ) ( $p > 0.05$ ). Une différence significative a été constatée entre le pourcentage de temps programmé dans la Zone 2 ( $22.8 \pm 4.4 \%$ ) et le pourcentage de temps perçu par les joueurs dans la Zone 2 (Intensité comprise entre 4.5 et 6.5)

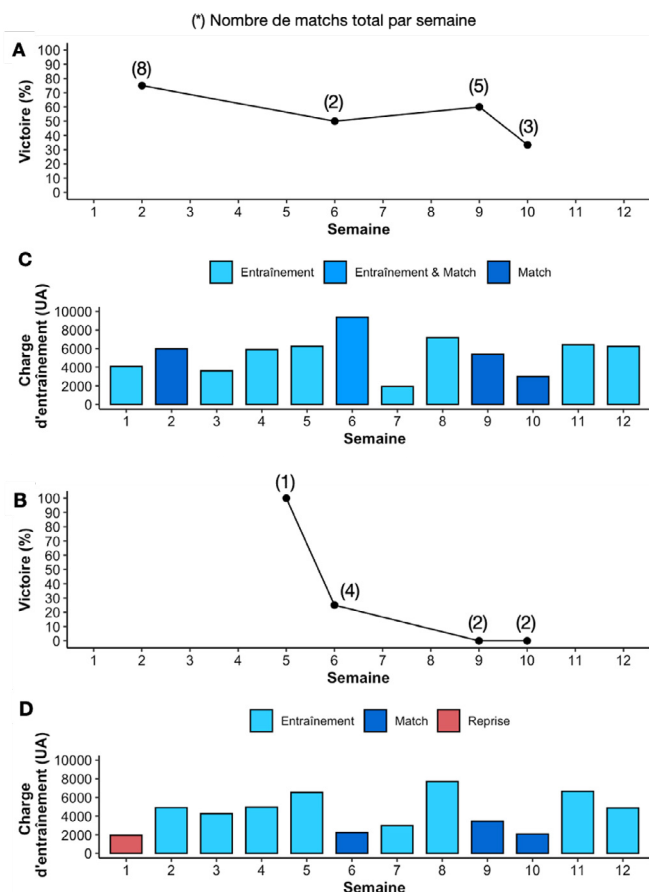


**Figure 2.** Répartition moyenne de la distribution de l'intensité d'entraînement (h) de l'ensemble des joueurs sur 12 semaines (A : Intensité programmée, B : Intensité mesurée et C : Intensité estimée).

( $38.3 \pm 8.1 \%$ ) ( $p < 0.01$ ). Aucune différence n'a été trouvée entre le temps programmé dans la Zone 2 et le temps passé à une fréquence cardiaque comprise entre SV1 et SV2 ( $18.3 \pm 9.5 \%$ ) ( $p > 0.05$ ). De plus, des différences significatives ont été constatées entre le pourcentage de temps programmé dans la Zone 3 ( $7.3 \pm 2.0 \%$ ) et le pourcentage de temps passé à une fréquence cardiaque supérieure ou égale à SV2 ( $2.7 \pm 2.0 \%$ ) ( $p < 0.001$ ) et celui perçu à une intensité  $\geq 7$  ( $25.7 \pm 12.0 \%$ ) ( $p < 0.05$ ).



**Figure 3.** Moyenne de la distribution de l'intensité de l'ensemble des joueurs sur 12 semaines d'entraînement et de match basée sur deux méthodes de quantification différentes : Intensité mesurée (Fréquence Cardiaque) et intensité estimée (RPE). \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .



**Figure 4.** Victoire (%) (A & B) et répartition de la charge d'entraînement (UA) (C & D) du joueur n° 1 (A & C) et du joueur n° 2 (B & D) sur 12 semaines.

Étant donné que le programme d'entraînement a été planifié pour chaque joueur en fonction des tournois (match en simple et en double), de l'état de forme et des blessures, nous avons choisi de représenter la charge d'entraînement de deux joueurs, représentatifs de la variabilité interindividuelle. Au total, 18 matchs ont été joués pour  $61.1 \pm 15.1$  % de victoire pour le joueur n° 1 (Figure 4A) et 9 matchs ont été joués pour  $22.2 \pm 29.9$  % de victoire en moyenne (Figure 4B). La charge d'entraînement hebdomadaire moyenne pendant les 12 semaines était de  $5445 \pm 2016$  UA (Unités Arbitraires), variant de 1935 UA à 9375 UA pour le joueur n° 1 (Figure 4C) et de  $4381 \pm 1919$  UA, variant de 1950 UA à 7710 UA pour le joueur n° 2 (Figure 4D). La charge d'entraînement est bien individualisée, mais elle n'a pas eu les résultats escomptés en termes de victoire pour le joueur n° 2. De plus, nous avons constaté qu'il n'y a pas une charge d'entraînement plus élevée les semaines d'entraînement comparée aux semaines de match.

## DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de quantifier la distribution de l'intensité d'entraînement quotidien avec différentes méthodes d'évaluation, et de suivre l'évolution de la charge d'entraînement chez de jeunes joueurs de tennis élite de l'intensité programmée ont révélé qu'une répartition pyramidale, selon laquelle 70-75 % du volume total d'entraînement est effectué à des intensités faibles (Zone 1) et environ 5-10 % à des intensités très élevées (Zone 3), est proposée. Cette répartition a été suggérée comme l'une

des distributions optimales de l'intensité d'entraînement et l'une des plus fréquemment utilisées chez des athlètes d'endurance élite adultes (Bourgeois et al., 2019; Brechbuhl et al., 2017). Les résultats observés via le cardiofréquencemètre sont similaires aux séances d'entraînement programmées en Zone 1 ( $78.9 \pm 9.4$  %) et 2 ( $18.3 \pm 9.5$  %). Ces résultats sont conformes à ceux de l'étude de Baiget et collaborateurs (2015), menée auprès de 20 joueurs de tennis espagnols de haut niveau (âge :  $18.0 \pm 1.2$  ans; sexe : masculin) simulant des sets au tennis, où les joueurs passent en moyenne 77 % du temps dans la Zone 1 (inférieur à SV1), 20 % dans la Zone 2 (entre SV1 et SV2), et seulement 3 % dans la Zone 3 (au-delà de SV2). De ce fait, les jeunes joueurs de tennis masculins du Pôle France s'entraînent de manière conforme à la distribution des intensités programmée et recommandée en adoptant un modèle « pyramidal » de répartition de l'intensité. D'un point de vue métabolique, ces jeunes joueurs, âgés de 14 ans en moyenne, sont dans (ou proche de) leur pic de croissance rapide (Sempé & Pédrón, 1971). Avant la puberté, les enfants puisent majoritairement dans la filière aérobie pour produire l'énergie. Mais, lors de ce pic de croissance pubertaire, il y a une transition vers une utilisation majorée des filières anaérobies productrices de métabolites à l'origine de la fatigue musculaire (Kenney et al., 2021; Ratel & Blazevich, 2017). De ce fait, à partir du pic de vélocité de croissance, il est primordial de proposer un volume d'entraînement important à basse intensité de type aérobie (Zone 1) afin de repousser la fatigabilité, faciliter la récupération et optimiser le travail technique (Ratel, 2018), en utilisant des modèles d'entraînement « polarisé » et « pyramidal » selon l'objectif sportif de la saison.

Concernant la distribution des intensités réalisée d'après la RPE, les joueurs ont une perception « homogène » du temps passé dans chaque zone d'intensité (Zone 1 :  $35.0 \pm 15.4$  %; Zone 2 :  $38.5 \pm 8.4$  %; Zone 3 :  $26.4 \pm 11.9$  %). Cela signifie que des séances programmées en Zone 1 sont en fait des séances où les joueurs se sentent en Zone 2 voire 3. Cette différence significative entre la distribution des intensités programmée et celle des résultats de RPE (Figure 2A & 2C) peut être due au caractère intermittent du tennis. En effet, cette alternance d'efforts courts de haute intensité et de courtes pauses de récupération sur un fond d'endurance aérobie entraîne une production et une accumulation de métabolites musculaires (e.g., ammoniac, protons, lactate) qui pourraient contribuer à majorer les sensations périphériques de la fatigue (Mutch & Banister, 1983) et donc la RPE (St Clair Gibson & Noakes, 2004). Cette surestimation pourrait aussi être expliquée par une majoration des sensations centrales liées à l'intermittence de la fréquence cardiaque lors des efforts répétés. Ainsi, la fatigabilité des séances d'entraînement en tennis serait sous-estimée si on prend en compte uniquement la fréquence cardiaque comme indicateur de la charge interne. Un autre facteur explicatif pourrait être l'âge des joueurs. En effet, Gros Lambert & Mahon (2006) ont trouvé une moins bonne corrélation entre la RPE et la fréquence cardiaque au cours d'un exercice incrémental chez l'adolescent que chez l'adulte. De plus, les facteurs périphériques (i.e., lactatémie maximale, ventilation minute maximale et travail mécanique produit) sembleraient expliquer uniquement 36 % de la variance de la RPE mesurée avec la CR-10 au cours de l'exercice intense de l'enfance à l'adolescence (Bardin et al., s. d.), suggérant que d'autres facteurs psychosociaux compteraient dans l'estimation de la RPE au cours de l'exercice. Ainsi, même si la RPE, qui prend en considération l'implication et l'intuition propre de chaque joueur, est un moyen de suivi utile à l'entraîneur pour évaluer



simplement l'effort perçu de la séance, il serait nécessaire de quantifier l'intensité des entraînements à la fois avec des variables physiologiques et psychométriques dans les jeunes catégories.

Concernant la charge d'entraînement, la moyenne (respectivement 5373 UA et 4381 UA pour les joueurs n° 1 et n° 2) imposée au cours des 12 semaines est similaire à celle de jeunes joueurs en futsal ( $15.8 \pm 0.8$  ans) (Moreira et al., 2013) et en basketball ( $19 \pm 1$  ans) (Moraes et al., 2017) où la charge d'entraînement ne dépasse pas les 6000 UA. De plus, les charges d'entraînement des séances tecnico/tactiques ( $512.5 \pm 191$  UA) sont similaires à celles observées pour des joueurs australiens de  $17 \pm 1.3$  ans classés  $135 \pm 22$  à l'International Tennis Federation junior et  $1309 \pm 370$  à l'Association of Tennis Professionals qui avaient une charge de  $492 \pm 304$  UA (Murphy et al., 2015). Néanmoins, certaines semaines (e.g., semaines 6 et 8 Figure 4) ont des charges d'entraînement supérieures à 7000 UA. Ces charges d'entraînement élevées sont dues à des semaines comportant des séances avec un haut volume (plus de 2 h d'entraînement par séance). Un entraînement long est perçu comme difficile en raison de sa longue durée, et le niveau de perception d'effort associé est multiplié par la durée de l'effort (Foster et al., 2001). De ce fait, la durée de l'effort est prise en compte deux fois, ce qui tend à surestimer les charges pour les situations d'entraînement présentant un haut volume (Martin, 2018). Cependant, ces semaines, comportant de hautes charges d'entraînement, sont automatiquement suivies d'une semaine avec une charge inférieure à 4000 UA, ce qui montre la prise en compte des semaines antérieures afin de planifier de manière la plus optimale l'entraînement. Nous observons que l'organisation des charges d'entraînement a permis à la moitié des joueurs de conserver de bonnes performances en minimisant tout risque de blessures. A contrario, l'autre moitié des joueurs a un pourcentage de victoire négatif ( $n = 2$ ) ou n'a pas joué de matchs officiels ( $n = 2$ ) dus à des blessures. Nous pouvons donc en penser que la charge d'entraînement n'a pas été planifiée de la façon la plus judicieuse. Afin de réduire à long terme les blessures liées à l'entraînement, Gabbett (2016) souligne l'importance de la surveillance de la charge d'entraînement.

## CONCLUSION

Les présents résultats montrent que les jeunes joueurs élite du tennis français s'entraînent entre 70 et 75 % du temps dans une zone d'intensité faible, environ 20 % dans une zone d'intensité modérée et 3 à 5 % dans une zone d'intensité élevée. Ces données démontrent donc qu'un modèle d'entraînement « pyramidal » est utilisé. De plus, l'âge des joueurs est un facteur confirmant l'importance du travail aérobie lors des entraînements. Cependant, les joueurs ont surestimé l'intensité de leurs efforts (intensités modérées à intenses) comparée à l'intensité d'entraînement prescrite et à l'intensité d'entraînement réelle (fréquence cardiaque). Cette surévaluation peut s'expliquer par le caractère intermittent du tennis et par l'âge des joueurs de cette étude. Par conséquent, il apparaît fondamental de coupler la fréquence cardiaque avec la RPE lors d'études futures. En outre, la charge d'entraînement programmée est similaire à celle observée pour des joueurs du même âge de haut niveau. Nous pouvons en conclure que pour la moitié des joueurs, cette planification leur a permis de conserver de bonnes performances en minimisant le risque de blessure. Les résultats présentés ici peuvent donc être considérés comme

un premier pas vers la reconnaissance de la nécessaire distribution de l'intensité réelle d'entraînement effectuée par les jeunes joueurs de tennis. Les entraîneurs de tennis pourront désormais comparer les charges d'entraînement de leurs joueurs avec les résultats présentés ici. De plus, les entraîneurs de tennis peuvent utiliser les méthodes actuelles de suivi de l'entraînement, adoptées dans la présente étude, afin de vérifier la charge d'entraînement interne de leurs joueurs. L'utilisation d'une telle approche devrait permettre aux entraîneurs d'adapter la charge d'entraînement pour éviter un phénomène de « surentraînement ». Étant donné que les données actuelles portent sur de jeunes joueurs de sexe masculin, des études supplémentaires devront être menées sur des joueuses de tennis. L'utilisation du suivi de la variabilité de la fréquence cardiaque peut également venir compléter le suivi de la réponse physiologique individuelle au fil des jours (Schmitt et al., 2006).

## CONFLIT D'INTÉRÊTS ET FINANCEMENT

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt et n'avoir reçu aucun financement pour la rédaction de cet article.

## RÉFÉRENCES

- Baiget, E., Fernandez-Fernandez, J., Iglesias, X., & Rodríguez, F. (2015). Tennis Play Intensity Distribution and Relation with Aerobic Fitness in Competitive Players. *PLoS One*, 10, e0131304. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131304>
- Banister, E. W. (1991). Modeling Elite Athletic Performance. In *Physiological Testing of Elite Athletes* (Human Kinetics).
- Bardin, J., Maciejewski, H., Diry, A., Droit-Volet, S., Thomas, C., & Ratel, S. (s. d.). Sex- and Age-related differences in the rating of perceived exertion after high-intensity rowing exercise during childhood and adolescence. *Laboratoire AME2P (UCA) et Fédération Française d'Aviron*.
- Birat, A., Garnier, Y., Dodu, A., Grosseoeuvr, C., Rance, M., Morel, C., Nottin, S., & Ratel, S. (s. d.). Suivi des adaptations physiologiques induites par l'entraînement en triathlon chez le jeune athlète. *Laboratoire AME2P (UCA) et Fédération Française de Triathlon (Données non publiées)*.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales* (p. viii, 104). Human Kinetics.
- Bourgeois, J. G., Bourgeois, G., & Boone, J. (2019). Perspectives and Determinants for Training-Intensity Distribution in Elite Endurance Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(8), 1151-1156. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0722>
- Brechbuhl, C., Girard, O., Millet, G. P., & Schmitt, L. (2016a). On the Use of a Test to Exhaustion Specific to Tennis (TEST) with Ball Hitting by Elite Players. *PLoS ONE*, 11(4), e0152389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152389>
- Brechbuhl, C., Girard, O., Millet, G., & Schmitt, L. (2016b). Stress test specific to tennis (Test): Case study of an elite player. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 24(70), 27-30. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v24i70.217>
- Brechbuhl, C., Girard, O., Millet, G., & Schmitt, L. (2017). Towards polarized training in tennis? Usefulness of combining technical and physiological assessments during a new incremental field test. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 25(73), 27-31. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v25i73.303>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873-899. <https://doi.org/10.1080/026404102320761787>
- Coutts, A., Gomes, R., Viveiros de Castro, L. E., & Aoki, M. (2010). Monitoring training loads in elite tennis. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 12. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010v12n3p217>
- Edwards, S. (1993). *The heart rate monitor book*. (Polar Electro Inc).
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S., & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 943-949. <https://doi.org/10.1519/R-19725.1>
- Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Pluim, B. M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 387-391; discussion 391.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115.

- Gabbett, T. J. (2016). The training–injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273-280.
- Girard, O., Brechbuhl, C., Schmitt, L., & Millet, G. P. (2018). Evaluation et développement des ressources physiologiques du joueur de tennis. In *Tennis : Optimisation de la performance*. (p. 32-48). De Boeck Supérieur.
- Gomes, R., Coutts, A., Viveiros de Castro, L. E., & Aoki, M. (2011). Physiological demands of match-play in elite tennis: A case study. *European Journal of Sport Science*, 11, 105-109. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.487118>
- Gomes, R., Moreira, A., Lodo, L., Capitani, C., & Aoki, M. (2015). Ecological Validity of Session RPE Method for Quantifying Internal Training Load in Tennis. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.4.729>
- Gros Lambert, A., & Mahon, A. (2006). Perceived exertion: Influence of age and cognitive development. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36, 911-928.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2017.00612>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(Suppl 2), 139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Coutts, A., Sassi, A., & Marcora, S. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>
- Kenney, L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2021). *Physiologie du sport et de l'exercice* (7e édition).
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 Suppl 2, 1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x>
- Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C. P., & Chicharro, J. L. (2003). Giro, Tour, and Vuelta in the same season. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 457-459. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.5.457>
- Martin, C. (2018). *Tennis Optimisation de la performance* (De Boeck Supérieur).
- Moraes, H., Aoki, M., Freitas, C., Arruda, A., Drago, G., & Moreira, A. (2017). SIgA response and incidence of upper respiratory tract infections during intensified training in youth basketball players. *Biology of Sport*, 34(1), 49-55. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.63733>
- Moreira, A., de Moura, N. R., Coutts, A., Costa, E. C., Kempton, T., & Aoki, M. S. (2013). Monitoring internal training load and mucosal immune responses in futsal athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1253-1259.
- Murphy, A. P., Duffield, R., Kellett, A., Gescheit, D., & Reid, M. (2015). The Effect of Predeparture Training Loads on Posttour Physical Capacities in High-Performance Junior Tennis Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 986-993. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0374>
- Mutch, B. J., & Banister, E. W. (1983). Ammonia metabolism in exercise and fatigue: A review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 41-50.
- Ratel, S. (2018). *Préparation physique du jeune sportif—Le guide scientifique et pratique* (Amphora (Editions)).
- Ratel, S., & Blazevich, A. J. (2017). Are Prepubertal Children Metabolically Comparable to Well-Trained Adult Endurance Athletes? *Sports Medicine*, 47(8), 1477-1485. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0671-1>
- Schmitt, L., Hellard, P., Millet, G. P., Roels, B., Richalet, J. P., & Fouillot, J. P. (2006). Heart rate variability and performance at two different altitudes in well-trained swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 27(3), 226-231. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865647>
- Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: Is there evidence for an "optimal" distribution? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(1), 49-56. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 276-291. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.276>
- Sempé, M., & Pédrón, G. (1971). *Croissance et Maturation Osseuse* (Thérapiex).
- St Clair Gibson, A., & Noakes, T. (2004). Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, 38(6), 797-806. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.009852>
- Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in Physiology*, 5. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2014.00033>
- Treff, G., Winkert, K., Sareban, M., Steinacker, J. M., & Sperlich, B. (2019). The Polarization-Index: A Simple Calculation to Distinguish Polarized From Non-polarized Training Intensity Distributions. *Frontiers in Physiology*, 10.

Copyright © 2022 Marie-Florine Michel, Jean-Marc Dubosq, Sébastien Ratel, Laurent Schmitt, Alexandre Hidalgo et Cyril Brechbuhl



Ce texte est protégé par une licence [Creative Commons BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vous êtes autorisé à partager, copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats et adapter le document, remixer, transformer et créer à partir du matériel pour toute utilisation y compris commerciale, tant qu'il remplit la condition de :

Attribution : Vous devez correctement créditer l'œuvre originale, fournir un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de toute manière raisonnable, mais pas d'une manière qui suggère que vous avez l'approbation du concédant de licence ou que vous la recevez pour votre utilisation du travail.

[CC BY 4.0 license terms summary](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). [CC BY 4.0 license terms](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[SÉLECTION DE CONTENU DU SITE ITF ACADEMY \(CLIQUEZ\)](#)

