

**UNIVERSITE ALGER 3
INSTITUT D'EDUCATION PHYSIQUE ET
SPORTIVE
SIDI ABDELLAH**

**THESE DE DOCTORAT
EN THEORIE ET METHODOLOGIE DE
L'EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE**

**Variations des performances physiques au
cours des périodes d'entraînement chez les
karatékas**

Présentée par :

BENOSMANE Abdelmalik Bachir

Sous la direction de :

Pr. TAOUTAOU Zohra

ANNEE UNIVERSITAIRE 2016 - 2017

Introduction

Introduction

Dans sa quête de l'olympisme le karaté sportif, plus particulièrement une de ses spécialités qui est le kumite (combat), a connu plusieurs changements faisant de celle-ci une activité à caractère intermittent acyclique, composé d'une alternance d'actions sollicitant le développement d'une puissance musculaire importante (propulsion du corps, brusques démarrages, fentes avant) et de périodes de plus faible intensité (sautillements sur la plante des pieds et marche lente) (Ravier et coll., 2009). L'effort semble mixte, sollicitant à la fois les voies anaérobies et le métabolisme aérobie (Doria et coll., 2009 ; Beneke et coll., 2004). Les karatékas performants possèdent d'excellentes compétences techniques et tactiques, mais aussi des niveaux élevés de capacités physiques (Beneke et coll., 2004). Les exigences de la pratique représentent le but vers lequel doit tendre l'entraînement alors que les capacités du sportif en constituent le point de départ.

Pour qu'un entraînement soit cohérent dans sa globalité et qu'il ne soit pas seulement un assemblage de séances, il est important de contrôler le processus allant du début du projet jusqu'à la fin de la compétition, voire même pendant la période de repos. Ce contrôle permet de projeter les actions destinées à diminuer le risque d'échec et augmenter la probabilité que les objectifs établis soient atteints, en prenant en compte tous les paramètres liés à un objectif compétitif désigné.

La planification systématique et rationnelle des objectifs, des contenus, des moyens et des méthodes d'entraînement permet une amélioration progressive de la capacité de performance. Celle-ci augmente de façon plus marquée si le plan d'entraînement est divisé en phases, chacune mettant l'accent sur un élément particulier.

La première théorie moderne de la périodisation a été élaborée dans les années soixante. L'idée de base était de préparer l'athlète aux compétitions importantes et de lui faire réaliser les meilleures performances possibles. Cette méthode divisait l'année en périodes précises comportant chacune un entraînement spécifique. Cette périodisation devait comporter les quatre périodes suivantes : période préparatoire, période précompétitive, période compétitive et période transitoire.

L'évaluation constitue l'action première de tout entraîneur souhaitant réduire les incertitudes et rationaliser ses choix stratégiques dans la conception de ses entraînements. Elle peut être directe (en laboratoire et/ou invasive) ou indirecte (sur le terrain) (Dellal, 2008). Elle ne peut se faire qu'à partir de mesures (quantitatives ou qualitatives) dont les résultats sont alors

confrontés à des critères afin d'émettre un jugement, une appréciation. Dès lors, l'évaluation des capacités métaboliques ainsi que le suivi des effets de l'entraînement du karatéka représentent les dimensions essentielles dans la construction de sa forme sportive.

Dans la multitude de tests de performance qui existent à l'heure actuelle, le choix de l'épreuve la plus représentative de l'effort sportif fourni s'avère essentiel. Pour l'entraîneur qui désire recueillir les renseignements les plus pertinents pour le suivi de son athlète, ce choix peut s'avérer cornélien. Pourtant, à partir de l'interprétation correcte des données, pourront être élaborés des plans d'entraînement individualisés et surtout adaptés au type de sport pratiqué, quel que soit le niveau, sportif éclairé, amateur ou quasiment professionnel. Ce changement dans la prise en charge du sportif vient répondre à une demande de ce dernier ou de ses entraîneurs, qui souhaitent que la planification d'entraînement soit dorénavant basée sur des paramètres physiologiques et scientifiques reconnus.

L'évaluation des caractéristiques physiologiques et métaboliques des athlètes représente un moyen important pour mesurer et évaluer l'impact des charges physiques, à travers les différents composants physiologiques et biologiques, auxquelles l'athlète est soumis, pour tenter d'expliquer les différences de performances observées entre les différentes équipes algériennes et les références internationales relatives au sport de haut niveau. L'explication de cette différence de performance qui peut être minime, mais significative dans le sport d'élite doit se contenter des moyens généraux décrivant les capacités physiologiques qui sont étroitement liées à des réactions métaboliques qui en sont à l'origine.

Deux grands types d'approches sont préconisés pour l'évaluation de l'aptitude physique selon l'orientation donnée à l'étude : les données sont recueillies sur le terrain, dans les conditions les plus proches de la réalité de la pratique sportive ou bien l'exercice est réalisé en laboratoire, dans des conditions moins « vraies » en termes de réalité sportive.

Sur le terrain, plusieurs variables peuvent être enregistrées avec précision sans perturber la performance. Cela permet de suivre et de mesurer l'activité cardiaque, la fréquence respiratoire, la température centrale ou cutanée et l'activité musculaire au moyen de la force ou la puissance développée. À côté de cela, la majorité des évaluations physiologiques se déroule en laboratoire où il est possible d'étudier un nombre plus grand de variables et de contrôler plus précisément les conditions de l'expérience. Dans ce cas, les efforts réalisés par les sujets sont réalisés sur des ergomètres ce qui permet de standardiser l'effort c'est-à-dire de contrôler

précisément la quantité et l'intensité du travail fourni pour le mesurer avec précision (Doutreloux, 2000).

De nos jours, la planification, les charges de travail, les contenus des séances sont de plus en plus maîtrisés, en particulier dans les sports individuels et cycliques. Mais qu'en est-il dans les sports de combat comme le karaté kumite, qui fait appel à un effectif relativement varié et dont les compétitions sont espacées dans le temps.

Pourquoi les karatékas représentant l'élite algérienne sont-ils incapables de se hisser au niveau international et d'atteindre les performances enregistrées à cette échelle, ou sont incapables de maintenir ces performances lorsqu'elles sont atteintes ?

Les programmes d'entraînement sont-ils adaptés, de par leur planification et leurs charges, d'une manière à provoquer l'adaptation optimale souhaitée de l'organisme ?

La période de congés représentant la période transitoire est-elle planifiée de façon optimale de sorte à ne pas affecter la condition physique ? Quel est l'impact de sa durée sur les paramètres physiques ?

Nous supposons que le processus d'entraînement subit par les karatékas représentant l'élite algérienne n'est pas planifié de façon rationnelle et qu'une mauvaise gestion des charges d'entraînement ainsi que la période de congé représentant la période transitoire entraînent souvent une mauvaise adaptation induisant une dégradation de leur aptitude physique dans un état tel qu'ils ne soient plus en mesure de retrouver une condition physique optimale les rendant aptes à affronter et surmonter les performances internationales.

Les études de la littérature rapportent peu de travaux relatifs aux processus physiologiques inhérents aux sports de combat dans leur globalité. Les caractéristiques particulières des sports de combat, particulièrement du karaté, empêchent la réalisation d'évaluation par méthodes directes des capacités physiques des athlètes. Cependant, pour pallier ce problème et pour répondre à la nécessité d'une évaluation des capacités physiques des karatékas lors des différentes étapes d'une saison sportive, il est donc nécessaire de recourir aux méthodes indirectes.

L'objectif de notre étude consiste en le suivi de l'impact de l'entraînement sur les paramètres physiques évaluateurs de la performance, ainsi que l'évaluation de l'influence des programmes d'entraînement sur la capacité de récupération des athlètes à travers les différentes étapes d'un macrocycle.

Aussi, de voir si les performances physiques déterminées par le moyen des tests Eurofit sont sensibles aux variations des charges d'entraînement au cours des différentes périodes d'entraînement.

Chapitre I

Revue bibliographique

1.1. Notions générales sur le karaté

Le terme « Karaté » traduit littéralement signifie « main vide ». Il est dérivé d'un art martial développé à Okinawa, au Japon, au début du 17^e siècle, juste après que les Japonais ont conquis cette île et interdit l'utilisation de toutes les armes.

Après la Seconde Guerre mondiale, le karaté est répandu à travers le monde. Il est actuellement l'un des sports de combat les plus attrayants, un fait confirmé par les millions de personnes qui pratiquent ce sport dans le monde entier.

Beaucoup de styles de karaté existent, mais seulement quatre sont reconnus par la Fédération Mondiale de Karaté (WKF): le Goju ryu, le Shito ryu, le Shotokan et le Wado ryu. Chacun d'eux suit des idées spécifiques, qui se traduisent par des variations techniques. Le Karaté est divisé en kata et kumite.

Le kumite, est un vrai combat entre deux athlètes, conformément à une réglementation stricte. Les karatékas sont libres de se déplacer, d'attaquer ou de se défendre en utilisant les mains et les pieds. Les règles du kumite en karaté définissent les points suivants : 1 point (Yuko) ; 2 points (Waza-Ari) ; et 3 points (Ippon). Ippon est jugé pour une attaque réalisée avec la jambe au niveau de la tête (jodan) ainsi que pour toute technique valable effectuée sur un adversaire au sol, qu'il ait été projeté, balayé ou qu'il soit tombé par sa propre faute. Waza-Ari est attribué pour les coups de pied réalisés au niveau du corps (chudan). Enfin, Yuko est attribué pour les coups réalisés avec la main au niveau de la tête et du corps (y compris les techniques réalisées dans le dos).

Les critères de jugement d'une bonne technique en kumite sont : le potentiel d'efficacité de la technique considérée, la conservation de l'état de vigilance de l'attaquant, le fait que la technique ait été portée avec un bon ton « timing » et le fait que la technique ait été déclenchée à distance correcte. En karaté, les attaques sont limitées aux surfaces suivantes : La tête, le visage, le cou, l'abdomen, la poitrine, le dos et les côtés. La durée de combat en kumite est de trois minutes pour les athlètes seniors hommes et de deux minutes pour les seniors femmes, ainsi que pour les juniors et cadets des deux sexes. La principale compétition en karaté, à la fois en kumite et en kata, est le championnat du monde pour toutes les catégories d'âge (14-15 ans cadets ; juniors 16-17 ans et 18 ans et plus seniors).

En outre, les compétitions de karaté sont organisées selon les catégories de poids. Il existe cinq catégories de poids chez les athlètes spécialistes en kumite seniors pour les deux sexes ; hommes (<60 kg, <67 kg, <75 kg, <84 kg et > 84 kg) et femmes (<50 kg, <55 kg, <61 kg, <68 kg et >68 kg). Comme dans d'autres sports de combat, l'objectif principal de la classification par catégories de poids est de créer des correspondances équitables entre les

compétiteurs en termes de force, d'agilité et d'effet de leviers (Langan-Evans et coll., 2011 ; Artioli et coll., 2009).

Le Kata, en revanche, est une forme de chorégraphie avec des séquences préétablies de techniques et de mouvements offensifs et défensifs. Les Karatékas (Pratiquants de karaté) ont une plage de temps de 60 à 80 secondes pour terminer le kata, chaque seconde au-dessus ou au-dessous de la durée fixée est pénalisée conformément à la réglementation de la WKF. Dans les compétitions nationales et internationales, le jugement de la performance du kata est essentiellement basé sur l'évaluation de la technique, du rythme, de l'énergie, de l'expressivité du mouvement et du kime (courtes contractions musculaires isométriques effectuée à la fin d'une technique). La dernière catégorie d'évaluation représente le critère le plus important de l'exécution d'un bon kata.

1.2. Analyse de la performance en kumite

Les études portant sur l'analyse de l'activité de compétition en sport sont pertinentes. La répétition en routine d'enchaînements techniques, la réalisation d'une phase de combat ou la compétition sont autant de situations susceptibles d'être analysées dans le but de déterminer les caractéristiques mécaniques et physiologiques déterminantes de la performance. Ce type d'enquête est extrêmement utile pour les entraîneurs afin d'améliorer à la fois le volet technico-tactique et les séances d'entraînement et de développement physique.

La plupart des sports de combat nécessitent une pluralité de techniques, force, capacité aérobie, puissance et vitesse. Généralement, aucune caractéristique de performance unique, ne domine dans les sports de combat (Beekley et coll., 2006).

Selon Baker et Bell (1990), le kumite est considéré comme un événement de haute intensité. Les karatékas ont à exécuter plusieurs actions de haute intensité pendant le combat. L'un des défis les plus importants auxquels sont confrontés les entraîneurs et les athlètes est de comprendre les principaux facteurs physiologiques qui contribuent à la réussite ou l'échec d'un karatéka. Cela peut devenir la base pour révéler les points forts et les points faibles relatifs et promouvoir l'optimisation des futurs programmes d'entraînement.

1.2.1. Analyse qualitative de l'activité physique du karatéka

La détermination des facteurs clés du karaté permet d'établir une évaluation de l'état initial du karatéka, le suivi des tendances des variations physiques au cours du processus d'entraînement, le choix des moyens et méthodes les plus adaptés et le réajustement du niveau en cas de défaillance. Cela donne lieu à l'organisation de l'entraînement en fonction de certaines

priorités et en établissant des axes de travail répondant aux exigences de la discipline. Il s'agit de mettre l'accent sur les déterminants de la performance jouant un rôle important dans la discipline sportive concernée.

Chaabène et coll. (2014) ont montré qu'au cours d'un combat de karaté officiel, le rapport effort-récupération est de 1 : 1,5 avec un ratio entre actions de haute intensité et récupération de 1 : 10. Les Karatékas ont exécuté 17 ± 7 actions de haute intensité par combat allant de <1 à 5 s chacune avec $83,8 \pm 12,0\%$ d'actions d'une durée inférieure à 2s.

Pendant des combats simulés de karaté, Beneke et coll. (2004) ont rapporté un rapport effort-récupération de 2 : 1 (la durée totale finale des phases de combat était de 18 ± 6 s et la durée moyenne des récupérations était de 9 ± 6 s. Au cours de la phase de combat, des actions de haute intensité de 1 à 3s sont effectuées, $16,3 \pm 5,1$ fois par combat, à savoir $3,4 \pm 2,0$ actions de haute intensité par minute.

Lide et coll. (2008) ont observé lors de l'analyse des simulations de combats d'une durée de 2 et 3 min, que les actions courtes et de haute intensité ont duré $0,3 \pm 0,1$ s dans les deux durées de combat, tandis que les longues actions de haute intensité ont duré $2,1 \pm 1,0$ s dans les combats de 2 min et $1,8 \pm 0,4$ s dans les combats de 3 min. La durée totale du temps d'actions de haute intensité était de $13,3 \pm 3,3$ s dans les combats de 2 min et $19,4 \pm 5,5$ s dans les combats de 3 min, soit près de 6,5 s d'actions de haute intensité par min.

L'étude réalisée par Chaabène et coll. (2014), comparant la différence dans l'analyse des paramètres de la performance entre combats officiel et simulé en karaté, a révélé que les karatékas d'élite effectuaient plus d'actions de haute intensité, d'une durée de <1 à 5s chacune, pendant le combat simulé (18 ± 5) par rapport au combat officiel (14 ± 6). Comme conséquence naturelle de ces résultats, la durée totale de l'activité de combat était inférieure en combats officiels par rapport aux combats simulés ($21,0 \pm 8,2$ s vs $30,4 \pm 9,9$ s, respectivement). Pendant le combat simulé, le ratio effort ($10,0 \pm 2,8$ s) récupération ($11,9 \pm 2,7$ s) était de 1 : 1 et le ratio actions de haute intensité ($1,6 \pm 0,3$ s) récupération ($11,9 \pm 2,7$ s) était supérieur à 1 : 7. Au cours de combats officiels, l'activité et la durée de repos étaient de $10,0 \pm 3,4$ s et de $16,2 \pm 4,1$ s, respectivement (ratio E : R de 1 : 1,5), tandis que les actions de haute intensité étaient de $1,5 \pm 0,3$ s, résultant en un ratio E: R de 01 : 11.

Récemment, Tabben et coll. (2015) ont défini le profil d'activité de karatékas ayant participé au championnat du monde de karaté 2012 en relation avec le sexe, les résultats de combats et les catégories de poids. Les auteurs ont montré que les décisions de l'arbitre ont provoqué un ratio global effort-récupération de $\sim 1 : 1,5$ avec une différence significative entre les catégories de poids des karatékas (léger = 1 : 1,5 ; poids moyen = 1 : 2 et le poids lourd = 1

: 1). Ce ratio atteint $\sim 1 : 8$ dans le cas de l'examen du ratio actions de haute intensité - récupération. Les athlètes masculins avaient une moyenne plus élevée dans les activités de lutte, de récupération et les actions préparatoires par rapport à ceux des athlètes féminins. Les auteurs expliquent cette différence par la différence de durée de combat en karaté entre les sexes (c.-à-d. 4 min pour les hommes et de 3 minutes pour les femmes) (Tabben et coll., 2015). Comme dans l'étude de Chaabène et coll. (2014), il n'y avait pas de différence significative dans toutes les variables d'analyse temporelle entre les gagnants et les perdants. De tous ces résultats, les auteurs ont conclu que les programmes d'entraînement devraient être spécifiques aux besoins particuliers des catégories, de sexe et de poids. Tous ces résultats doivent être renforcés par d'autres enquêtes.

Analyse de la durée des techniques

Selon les études de Ruchlewicz et coll. (1984) et Cavanagh et Landa (1975) concernant la durée des techniques, celle-ci varie entre 0,101 à 0,293s. Les techniques de bras sont caractérisées par un temps plus court : uraken uchi (0,101s), chudan seiken tsuki (0,123s) et de shuto uchi (0,150s) que les coups de pied : mawashi geri (0,177s), mae geri (0,243s), ushiro geri (0,263s), ushiro mawashi geri (0,272s), et yoko geri (0,293s). Le coup de pied le plus rapide a été le coup circulaire (mawashi geri) (0,177s) (Ruchlewicz et coll., 1984). Cependant suite à des études en laboratoire, il a été constaté que le temps de réalisation des coups (de 0,101 à 0,150s) (Ruchlewicz et coll., 1984 ; Cavanagh ; Landa, 1975) était dans de nombreux cas plus court que le temps de réaction à ces coups (temps de réaction simple = 0,165s) (Samitowski, 1986).

En conséquence, les compétences en matière d'anticipation sont considérées comme étant très importantes en karaté (Mori et coll., 2002). Globalement, les résultats de l'analyse de l'activité de compétition en karaté doivent être considérés comme un facteur important pour la construction des tests spécifiques en karaté ainsi que dans une sélection appropriée des méthodes d'entraînement (Sterkowicz ; Franchini, 2009).

1.2.2. Caractéristiques physiologiques de l'activité du karatéka

1.2.2.1. Données quantitatives physiologiques

Au cours de leur étude, Baker et Bell (1990) ont révélé que la valeur moyenne de la dépense d'énergie dans les périodes de deux minutes d'attaque continue de jambe et de bras était de $16,35 \pm 2,33$ kcal/min. Les auteurs ont considéré cette valeur comme étant très importante par rapport aux autres types de sports (ex : cyclisme, tennis, natation) et ont conclu

que le karaté nécessite un haut niveau de dépense énergétique. La fréquence cardiaque (FC) à la fin de ces deux minutes atteint une valeur de 187 ± 4 batt/min montrant ainsi la demande physiologique élevée lors de la réalisation de techniques d'attaque continues de jambe et de bras en karaté. Récemment, il a été rapporté que les karatékas ont passé 65% du temps de l'exercice à $FC > 90\%$ de la fréquence cardiaque maximale individuelle, avec une valeur moyenne de fréquence cardiaque de 177 ± 14 batt/min ($91 \pm 15\%$ de la FC_{max}) pendant un combat officiel de karaté (chaabène et coll., 2014a). Selon Dellal (2008) les données quantitatives physiologiques permettent d'avoir une idée globale de l'activité mais elles ne permettent pas d'orienter l'entraînement spécifique des athlètes étant donné la disparité des résultats qui varient en fonction des conditions environnantes, de l'adversaire, du résultat ou encore de l'objectif.

1.2.2.2. Coût énergétique du karaté kumite

Compte tenu des différentes sources d'énergie (aérobie et anaérobie) dont peut disposer l'organisme pour effectuer un travail, il est intéressant de procéder à une évaluation physiologique de la discipline sportive afin de déterminer la source d'énergie prédominante et de ce fait, orienter notre entraînement en fonction des résultats.

En fonction de l'acide lactique

La recherche scientifique antérieure a toujours considéré le métabolisme anaérobie comme la principale source d'énergie (Lehmann ; Jedliczka, 1998 ; Schmidt ; Perry, 1976) en kumite. Depuis, celui-ci a été classé comme un événement de haute intensité (Baker ; Bell, 1990). En outre, pour Sterkowicz (1994) et Lehmann (1998) le système glycolytique était la source d'énergie principale. De-là et selon ces auteurs, il doit être particulièrement développé.

Ces résultats sont basés sur l'observation de combats de karaté (Lehmann et Jedliczka, 1998). Il a été considéré que le modèle d'activité au sein de combats de karaté est comparable à un interval-training. Cette hypothèse était fondée sur des tentatives de simulation de l'activité kumite, par des périodes de 60 techniques d'attaque jambes ou bras par minute sans interruption pendant deux minutes contre une cible (pattes d'ours) (Baker et Bell, 1990).

Dans une étude menée auprès de karatékas masculins de haut niveau lors d'une simulation d'un kumite, Beneke et coll. (2004) ont rapporté que la concentration de lactate dans le sang après un combat était de $7,7 \pm 1,9$ mmol/l, avec une différence entre avant et après-combat égalant à $4,2 \pm 1,9$ mmol/l. La concentration de lactate dans le sang dans les conditions d'avant-combat a été négativement corrélée à la durée de la récupération entre les combats. Cependant,

la concentration de lactate dans le sang est souvent utilisée comme un indicateur de la production d'énergie à partir de la glycolyse anaérobie (Bangsbo, 1994 ; Gaitanos et coll., 1993), les faibles valeurs enregistrées dans l'étude de Beneke et coll. (2004) ont suggéré un estimatif de participation relativement faible ($6,2 \pm 2,4\%$) du système glycolytique dans la production d'énergie au cours du kumite.

De la même manière, ils ont rapporté que la fraction du métabolisme aérobie et anaérobie alactique était de $77,8 \pm 5,8\%$ et $16 \pm 4,6\%$, respectivement. Selon les mêmes chercheurs, le profil acyclique (actions de haute intensité entrecoupées par des périodes de courte pause) au cours de l'activité de kumite fait que le système aérobie soit la source d'énergie dominante avec l'intervention de l'ATP-CP pendant les courtes périodes d'attaque et/ou de défense, qui sont considérées comme les actions décisives pendant le combat. Ces résultats soulignent l'importance de ces deux systèmes d'énergie et la nécessité de leur développement simultané afin d'atteindre des performances de haut niveau en kumite, au lieu de ne développer que le système d'énergie lactique comme rapporté précédemment (Lehmann ; Jedliczka, 1998 ; Sterkowicz, 1994). Il convient de noter que l'étude de Beneke et coll. (2004) représente la première approche réussie pour analyser le coût métabolique en kumite basé sur l'évaluation de la concentration de lactate sanguin et la consommation d'oxygène avant, pendant et après un kumite simulé. Les auteurs ont conclu que le karaté kumite repose sur des activités qui nécessitent un taux métabolique élevé.

Une autre étude réalisée par Iide et coll. (2008) sur des karatékas ceintures noires, de sexe masculin, ont révélé que le pourcentage correspondant aux valeurs de $\dot{V}O_{2max}$ calculées à partir du VO_2 mesuré pendant des séries de 2 et 3 min de combat était de $42,3 \pm 10,0\%$ et $47,8 \pm 8,0\%$, respectivement. Les auteurs ont rapporté que la concentration de lactate sanguin après un kumite simulé était de $3,1 \pm 1,0 \text{ mmol/l}$ et $3,4 \pm 1,0 \text{ mmol/l}$, pour les 2 et 3 min de combat respectivement.

Dans une autre étude menée sur des athlètes de haut niveau, Doria et coll. (2009) ont rapporté que la valeur nette de concentration de lactate dans le sang (plus haute concentration de lactate dans le sang post-compétition moins repos) était de $7,5 \pm 2,4 \text{ mmol/l}$ et $10,6 \pm 4,8 \text{ mmol/l}$ pour les athlètes masculins et féminins, respectivement. Les valeurs enregistrées chez les athlètes masculins étaient relativement plus élevés que ceux rapportés par Beneke et coll. (2004) et Iide et coll. (2008) avec des karatékas masculins lors de combats simulés. Cela peut être dû à la différence entre la durée de simulation de combat adoptée dans les études, à savoir, 180 s dans l'étude de Beneke et coll. (2004), 120 et 180 s dans l'étude de Iide et coll. (2008) et 240s dans l'étude de Doria et coll. (2009), ce qui correspond aux durées les plus longues de kumite

en compétition lors du championnat du Monde. Récemment, une concentration de lactate sanguin d'une moyenne de $7,80 \pm 2,66$ mmol/l a été établie lors de la simulation de kumite (Chaabène et coll., 2014b) confirmant les résultats évoqués précédemment.

Arriaza (2009) a rapporté que la concentration de lactate sanguin enregistrée après un kumite organisé en Championnats du Monde de Karaté était de 11,1 mmol/l (fourchette : 8,7 à 12,7 mmol/l). Ces résultats sont conformes à ceux établis par Chaabène et coll. (2014) et Chaabène et coll. (2014a) au cours d'un kumite officiel ($11,18 \pm 2,21$ mmol/l et $11,14 \pm 1,82$ mmol/l, respectivement). De même, Tabben et coll. (2015) ont rapporté une concentration de lactate sanguin de $8,8 \pm 2,0$ mmol/l et $8,8 \pm 0,9$ mmol/l pour les athlètes d'élite masculins et féminins, respectivement, au cours d'un kumite officiel. Ces valeurs reflètent les exigences élevées du kumite officiel par rapport à celles du kumite simulé présentées ci-dessus (Doria et coll., 2009 ; lide et coll., 2008 ; Beneke et coll., 2004).

Cependant, pour Ravier et coll., (2009) la mise en relation du coût métabolique d'un combat et celui d'un entraînement stéréotypé relevés dans des études antérieures (Imamura et coll., 1997 ; Francescato et coll., 1995 ; Zehr et Sale, 1993 ; Shaw et Deutsch, 1982), montre que l'entraînement ne semble pas reproduire les contraintes énergétiques de l'exercice de compétition. Ainsi, Angulo et coll. (1990) ont relevé des valeurs de concentration de lactate s'étendant de $3,6 \pm 2,1$ à $10,6 \pm 2,9$ mmol/l, en fonction des exercices d'entraînement, alors que la concentration moyenne relevée à l'issue d'un combat de karaté était de $12,4 \pm 3,6$ mmol/l.

En ce qui concerne la concentration de lactate sanguin par rapport à la fin du combat, Roschel et coll. (2012) ont rapporté qu'il n'y avait pas de différence significative entre les gagnants et les perdants après une simulation de kumite ($5,1 \pm 1,2$ mmol/l vs $5,2 \pm 2,2$ mmol/l, respectivement). Ces résultats, bien que légèrement différents, sont en accord avec ceux précédemment rapportés par Beneke et coll. (2004) et soulignent à nouveau l'importance du système d'énergie aérobie et le système ATP-CP en kumite.

En fonction de la consommation maximale d'oxygène et de la fréquence cardiaque

Schmidt et Perry (1976) ont étudié les variations de la fréquence cardiaque afin de rendre compte de la contrainte physiologique globale éprouvée par les sujets au cours d'un combat de

2 min. Cette première étude in situ rapportait des cinétiques de fréquences cardiaques identiques chez l'ensemble des sujets avec des valeurs augmentant rapidement de 0 à 25s pour atteindre un plateau de valeurs s'étendant de $161 \pm 4,1$ à 177 ± 3 batt/min de 25 s à 120s. Ces auteurs suggéraient que l'augmentation rapide de la fréquence cardiaque était le reflet de la charge de travail très élevée impliquant les sources d'énergie anaérobie. Les valeurs de fréquences cardiaques variaient de manière importante selon les sujets. Pour ces chercheurs, ce résultat suggère que l'intensité relative de chaque combat n'est pas stéréotypée.

Concernant les différences entre sexes et l'oxygène consommé après repos, l'énergie aérobie correspondant à cette oxygène consommé lors de la compétition simulée était significativement plus élevée chez les hommes ($139,8 \pm 12,0 \text{mlO}_2/\text{kg}$; $225,5 \pm 20,4 \text{kJ}$) que chez les femmes ($95,8 \pm 18,5 \text{mlO}_2/\text{kg}$; $113,4 \pm 26,2 \text{kJ}$). Des résultats similaires ont été trouvés concernant le coût total d'énergie et le travail métabolique total, ainsi que la puissance métabolique, qui étaient plus élevés chez les hommes que chez les femmes ($225,5 \pm 113,4 \text{kJ}$ vs $20,4 \pm 26,2 \text{kJ}$; $304,8 \pm 184,6 \text{kJ}$ vs $25,5 \pm 52,0 \text{kJ}$ et $1,27 \pm 0,11 \text{kW}$ vs $1,03 \pm 0,29 \text{kW}$, respectivement ; $P < 0,05$). Les auteurs ont conclu que les pourcentages d'utilisation des sources aérobies et d'ATP-CP, par rapport au total, sont significativement différents entre les sexes, tandis que celui de la source lactique était similaire. Il n'y avait pas de différence significative entre les sexes dans les pics de fréquence cardiaque ($175,0 \pm 5,0$ batt/min vs $187,0 \pm 12,0$ batt/min pour les hommes et les femmes, respectivement). Par rapport à leur fréquence cardiaque maximale (FCmax) mesurée pendant un essai sur bicyclette ergométrique, le Pic de fréquence cardiaque enregistré lors du combat simulé représentait $92 \pm 2\%$ et $97 \pm 6\%$ pour les hommes et les femmes, respectivement, indiquant ainsi la haute intensité de l'activité kumite. Il convient de noter selon Chaabène et coll. (2015) que les résultats cités précédemment doivent être considérés avec précaution en raison de la très petite taille de l'échantillon de l'étude de Doria et coll. (2009) (seulement 3 athlètes masculins et 3 féminins), bien que constitué par les médaillés du Championnat du Monde. Pour ces auteurs, d'autres investigations devraient être menées pour appuyer ces conclusions.

Cependant, Francescato et coll. (1995) ont estimé que la fraction d'énergie issue des sources aérobies représentait de 11 à 41% de l'apport énergétique total au cours de l'exécution (de manière explosive) d'un enchaînement de techniques et de déplacements codifiés dont la durée variait de 20 à 80 s.

Il est bien établi que les performances en kumite en karaté sont principalement fonction de la puissance explosive (Chaabène et coll., 2014 ; Chaabène et coll., 2012).

Les enquêtes précédemment citées ont révélé que les deux métabolismes, aérobie et les voies ATP-CP représentaient les principaux systèmes énergétiques impliqués lors d'un kumite. Ces résultats contredisent l'hypothèse présentée par Lehmann (2000), Lehmann ; Jedliczka (1998), Sterkowicz (1994) et Schmidt ; Perry (1976) qui ont considéré que le métabolisme anaérobie lactique était la source d'énergie principale en kumite.

Campos et coll. (2012) ont montré que le karaté nécessite une contribution en pourcentage beaucoup plus élevé du métabolisme aérobie par rapport au taekwondo (moyenne \pm SD ; $66\pm 6\%$, $30\pm 6\%$ et $4\pm 2\%$, respectivement, pour les systèmes aérobie, anaérobie alactique et anaérobie lactique). Cette différence peut être due à la différence de durée de combat ou l'utilisation de plusieurs techniques des membres supérieurs en karaté par rapport au taekwondo (Campos et coll., 2012). La capacité aérobie est nécessaire pour prévenir la fatigue pendant l'entraînement, pendant les pauses ultérieures aux périodes d'activité de combat dans un kumite et pour améliorer le processus de récupération entre des combats consécutifs.

Aussi, et selon ces études, il apparaît que le système d'énergie aérobie représente le système métabolique qui fournit la contribution majeure d'énergie lors du kumite. En outre, le système ATP-CP est également déterminant, car il fournit de l'énergie au cours des actions décisives (par exemple, attaque et/ou de défense). La contribution de la glycolyse anaérobie ne peut être totalement négligée, mais il semble qu'elle est encore inférieure à celle des systèmes d'énergie aérobie et ATP-CP. Il a été établi que la source d'énergie aérobie était prédominante et représente environ 70% du total, la source lactique représente les pourcentages les plus faibles (~10%) du total, et la source de l'ATP-CP représente ~ 20% du total, indépendamment du sexe (Doria et coll., 2009). Il convient pour ces auteurs, de vérifier cette hypothèse dans des études futures sur des combats officiels de karaté. Par conséquent, le développement des deux systèmes, aérobie et ATP-CP, semble être d'une grande importance pour atteindre des performances de haut niveau en karaté, précisément en kumite.

1.3. Les caractéristiques anthropométriques du karatéka

1.3.1. La composition corporelle du karatéka

1.3.1.1. Pourcentage de gras et masse maigre

En karaté, les caractéristiques morphologiques d'un athlète sont extrêmement importantes. Étudier les caractéristiques anthropométriques des karatékas peut fournir des détails précis sur le biotype morphologique et fonctionnelle le mieux adapté pour ce sport de combat. En effet, dans les activités sportives, en particulier celles dans lesquelles les athlètes s'affrontent en fonction des catégories de poids bien définis comme le karaté, une augmentation de poids due à l'accumulation de graisse peut entraîner une mauvaise performance athlétique ou pire, concourir dans une catégorie de poids plus lourd, ce qui réduit considérablement la capacité de performance du karatéka (Giampietro et coll., 2003).

Les catégories de poids des karatékas vont de < 60 kg à > 84 kg pour les hommes et de < 50 kg à > 68 kg pour les athlètes féminines. Il est souhaitable que les athlètes de karaté aient un faible pourcentage de graisse corporelle. Cependant, la gamme de pourcentage en corps gras des karatékas masculins de haut niveau s'étend d'environ 7,5% pour les japonais (Imamura et coll., 1997) à 16,8% pour les karatékas polonais d'élite (Keys ; Brozek, 1953). Le pourcentage de graisse corporelle des karatékas masculins, de niveau international, français était de 13,7% (Ravier et coll., 2005). Imamura et coll. (1997) ont rapporté qu'il n'y avait pas de différence significative concernant la moyenne du pourcentage de graisse corporelle entre les karatékas ayant une grande expérience en compétition et les novices. En revanche, la masse maigre est significativement différente entre les groupes, étant plus élevée chez les compétiteurs de haut niveau par rapport aux novices (Imamura et coll., 1998).

Giampietro et coll. (2003) ont révélé que la composition corporelle de deux groupes de karatékas pratiquant le karaté à haut et moyen niveaux de compétition était similaire, alors que les athlètes d'élite présentaient beaucoup moins de graisse corporelle par rapport aux athlètes de niveau moyen.

Il y a seulement une étude portant sur les relations entre le taux de succès en compétition et le pourcentage de graisse corporelle du karatéka (Roschel et coll., 2009). Les résultats ont indiqué qu'il n'y avait aucune différence dans l'épaisseur du pli cutané entre le groupe vainqueur par rapport au groupe perdant. Bien que non concluantes, ces études ont montré que certains karatékas d'élite ont de faibles niveaux de graisse corporelle, semblable à celle des coureurs d'endurance d'élite, tandis que d'autres avaient des pourcentages plus élevés qui ne les empêchaient pas de réaliser des performances de haut niveau. Ainsi, Chaabène et coll. (2012)

concluent à partir des données actuellement disponibles que la graisse corporelle ne semble pas être un facteur déterminant de la performance en karaté.

1.3.1.2. Somatotype

Quelques recherches se sont intéressées au type morphologique du karatéka de haut niveau (Bercades, 2009 ; Pieter et coll., 2007 ; Katić et coll., 2005 ; Giampietro et coll., 2003). Ces études montrent que les karatékas masculins disposent principalement d'un profil de type mésomorphe-ectomorphe signifiant que ce sont des athlètes disposant d'une certaine musculature tout en étant de taille relativement élancée.

En karaté, un sport où le corps doit être projeté à travers l'espace le plus vite possible, un profil de type plus endomorphe (plus grande quantité de tissus adipeux) est suggéré d'être désavantageux pour la performance (Kratich et coll., 2005 ; Giampietro et coll., 2003 ; Sinning, 1985). Les chercheurs considèrent que, d'une façon générale, les karatékas masculins de haut niveau disposent d'un profil somatotype du genre mésomorphe-ectomorphe et de moindre importance endomorphe.

Les études ayant utilisées des sujets féminins (Pieter et Bercades, 2009 ; Fritschel ; Raschka, 2007 ; Amusa et Onyewadume, 2001) ont rapporté des données similaires l'une à l'autre quant au profil morphologique de ces athlètes. Celles-ci disposaient d'un profil morphologique de type mésomorphe-endomorphe indiquant que les athlètes féminins disposent, toute proportion gardée, de plus de tissus adipeux en comparaison aux athlètes masculins.

Aucune donnée n'a été rapportée quant aux différences pouvant exister entre les athlètes spécialisées en kata et en kumite. Pour ces chercheurs, il est donc raisonnable de prétendre que le genre de somatotype dont disposent les karatékas de haut niveau a un impact sur la performance globale en karaté.

1.3.1.3. Densité minérale osseuse

Un certain nombre d'études (Drozdowska et coll., 2011 ; Prouteau et coll., 2006 ; Andreoli et coll., 2000) ont évalué la densité minérale osseuse de karatékas et d'athlètes d'autres sports de combat. Ces études ont démontré une différence significative entre des athlètes entraînés ou de haut niveau et des pratiquants de niveau moins avancé. Les pratiquants plus entraînés disposaient d'une densité minérale osseuse plus importante que les sujets moins

entraînés. Les auteurs suggèrent que la pratique de sport de combat peut aider à accroître la densité minérale osseuse.

De plus, la densité minérale osseuse et la composition corporelle peuvent contribuer au maintien des habiletés de performance de l'athlète lors d'entraînements ou de compétitions lorsque celui-ci peut se retrouver dans des positions compromettantes et donc diminuer le risque d'incidence de blessures.

1.4. Analyse des facteurs de la performance en karaté kumite

1.4.1. Capacité d'endurance

La définition de l'endurance est très délicate. De manière large, elle consiste en toute action qui se prolonge dans le temps. Dellal (2008) propose de la définir comme une qualité qui permet à la fois de développer les systèmes cardio-vasculaire et cardio-respiratoire en effectuant des actions maintenues à une intensité donnée et durant un temps donnée. Pour cet auteur, elle s'effectue en rapport avec l'objectif souhaité : travail en endurance fondamentale, en capacité aérobie, en puissance aérobie, en résistance, optimisation de la VMA ou encore de la vitesse associée à la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_{2max}$).

C'est une qualité indispensable pour l'optimisation de son travail au sein d'autres facteurs de la performance tels que la force ou la vitesse avec pour objectif final l'expression optimale des qualités techniques, physiques et tactiques en compétition et ce quel que soit le niveau. La valeur de $\dot{V}O_{2max}$ occupe une place centrale dans le développement de l'endurance. Elle permet de situer les aptitudes des athlètes, de les suivre et surtout d'orienter les entraînements en endurance.

1.4.1.1. PMA

Dans la pratique de nombreux sports, dont le karaté, un déterminant important de la performance des athlètes est la capacité aérobie. La capacité aérobie se divise essentiellement en la puissance maximale aérobie et en endurance aérobie. La puissance maximale aérobie (PMA) représente le système disposant de la plus grande source d'énergie du corps humain lors d'efforts physiques et repose sur la capacité de l'organisme à utiliser l'oxygène pour le transmettre aux muscles afin de réaliser un effort de longue durée. De son côté, l'endurance cardio-vasculaire représente la capacité de l'organisme de l'athlète à maintenir un certain pourcentage d'intensité de sa capacité cardio-vasculaire (PMA) sur une période de temps donné.

Ces deux processus requièrent un type d'entraînement spécifique pour en optimiser leur potentiel énergétique et les rendre plus performant et efficace. On peut ajouter que l'entraînement devra être adapté aux exigences du karaté pour chacune des épreuves, soit le kata et le kumite.

1.4.1.2. $\dot{V}O_{2max}$

Pour Millet (2006), un des facteurs les plus importants de la performance des athlètes est leur niveau d'endurance cardiorespiratoire. L'endurance cardiorespiratoire implique la capacité de maintenir un exercice prolongé impliquant à la fois les systèmes cardiovasculaire et respiratoire. La demande de l'organisme en oxygène pendant une activité intense est dépendante de l'efficacité ainsi que de la capacité de ces systèmes à travailler ensemble. La consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_{2max}$) est considérée comme un facteur déterminant du niveau de la capacité cardiorespiratoire d'un individu.

La consommation maximale d'oxygène est définie comme « la quantité d'oxygène la plus élevée mesurée au niveau de la mer pouvant être consommée par un sujet par unité de temps au cours d'un effort musculaire » (Millet, 2006). Pour V. M. Zatsiorsky (in Saury et Sève, 2004), l'endurance correspond à « la capacité à effectuer une activité d'intensité donnée sans baisse d'efficacité sur une durée prolongée » et, pour Weineck (1992), c'est « la faculté de résister à la fatigue, quelle que soit son origine ». Elle est calculée lors d'un test maximal à charge croissante, en général sur un ergomètre le plus proche possible de l'activité sportive de l'athlète (ergocycle, tapis roulant, rameur...), à partir des variables mesurées suivantes (corrigées en fonction de la pression barométrique et de l'hygrométrie) : ventilation minute et fractions inspirées et expirées en O_2 et CO_2 (Millet, 2006).

Un niveau élevé de $\dot{V}O_{2max}$ est nécessaire pour envisager la victoire dans des épreuves de haut niveau. La science en fournit de nombreuses preuves. Billat et coll. (2001) soulignent que la $\dot{V}O_{2max}$ est le meilleur prédicteur de performance pour des distances de 800m, 1500m et 5000m. Chez les marathoniens, les auteurs trouvent une magnifique corrélation entre la performance et la valeur de $\dot{V}O_{2max}$ et concluent : «il semble que pour réaliser un marathon à une vitesse supérieure à 19,3 km/h, le facteur discriminant ne soit pas le coût énergétique, mais la consommation maximale d'oxygène ».

Chez un sédentaire la valeur de $\dot{V}O_{2max}$ est de 35-40 ml/min/kg. La valeur double chez un athlète spécialiste d'endurance. Sa mesure permet de distinguer le sédentaire, l'athlète moyennement entraîné et l'athlète de haut niveau. Elle est également un bon repère longitudinal

pour l'athlète moyennement entraîné. En générale, une amélioration de la $\dot{V}O_{2max}$ est contemporaine d'une amélioration de la performance en endurance (Saury ; Sève, 2004).

La $\dot{V}O_{2max}$ est largement utilisée par les chercheurs pour indiquer le niveau de la capacité fonctionnelle cardio-vasculaire d'un athlète. Elle est considérée comme un indicateur valable de la fonction conjuguée des systèmes respiratoire, cardio-vasculaire et musculaire (Impellizzeri et coll., 2007). La durée du test doit se situer entre 8 minutes (afin de respecter l'inertie du système aérobie) et 20 minutes (au-delà, risque de valeurs non maximales). La durée des paliers dépend du type d'analyse des seuils (1minute pour les seuils ventilatoires ; ≥ 3 minutes pour les seuils lactiques) (Zhang et coll., 1991). Cette durée influence peu la $\dot{V}O_{2max}$ mais modifie la PMA ; les protocoles avec des paliers plus courts induisent une PMA plus élevée.

Un test continu est recommandé dans les disciplines d'endurance. Les avis sont partagés lorsqu'il s'agit d'évaluer des sujets d'un sport intermittent (sports collectifs, sports de raquette, sports de combat...). L'apparition d'analyseurs portables des échanges gazeux (Oxycon Mobile, Vmax, K4^{b2} ...) permet la mesure de la $\dot{V}O_{2max}$ et de la vitesse associée ($v\dot{V}O_{2max}$) lors de tests de terrain tels que le VAM-Eval. La pertinence des mesures est fortement améliorée sans que leur validité ou reproductibilité soient trop altérées.

Le critère princeps d'atteinte de la $\dot{V}O_{2max}$ n'a pas été modifié depuis 80 ans lorsque A.V. Hill a décrit un plateau de $\dot{V}O_2$ alors que l'intensité de l'exercice augmentait avant d'atteindre l'épuisement. Ce critère est maintenant extrêmement controversé et il a été montré que de nombreux athlètes ne présentent pas de plateau (Millet, 2006). D'autres critères sont utilisés en complément :

- Lactate sanguin > 8 mmol/l durant les premières minutes de récupération ;
- Quotient respiratoire $> 1,10$;
- Atteinte de la FCmax théorique.

Lorsque l'objectif est de développer la $\dot{V}O_{2max}$, il convient de trouver les intensités les mieux à même de la stimuler. Des puissances trop élevées vont permettre un temps de travail suffisant et d'autres trop faibles vont permettre d'atteindre un régime de fonctionnement maximal de la filière aérobie. Le bon entraînement devra jongler entre l'intensité et le temps de maintien pour trouver la puissance permettant l'endurance la plus longue à $\dot{V}O_{2max}$. L'intensité qui donne le meilleur rendement en quelque sorte.

Shaw et Deutsch (1982) ont spécifié la durée et la cadence des répétitions de combinaisons techniques nécessaires à l'obtention d'une intensité d'exercice au moins égale à 50% de la consommation maximale d'oxygène (i.e. le seuil reconnu de développement de la consommation maximale d'oxygène par l'American College of Sports Medicine 1990).

Imamura et coll. (1999) ont mesuré les adaptations physiologiques au cours de la totalité d'un entraînement sans apporter de modification ni aux durées, ni aux intensités des exercices dans le but de reproduire avec fidélité les conditions réelles de pratique. Le résultat majeur de cette étude était que les valeurs de consommation d'oxygène, de fréquence cardiaque et de concentration de lactate sanguin relevées étaient fonction des caractéristiques de l'exercice (exécution des techniques accompagnées ou non de déplacements, en présence ou en l'absence d'un partenaire). Ainsi, le seuil accepté de développement de la consommation maximale d'oxygène (American College of Sports Medicine 1990) n'était pas atteint par l'ensemble des exercices d'entraînement. En effet, seuls les exercices dont le but était de répéter plusieurs techniques associées à des déplacements du corps (en présence ou en absence de partenaire) ainsi que les exercices plaçant les sujets dans une situation de combat simulé ont permis de relever des valeurs nettement supérieures à 50% de la consommation maximale d'oxygène et 60% de la fréquence cardiaque maximale des sujets.

Par ailleurs, les résultats des études mesurant les variations de la fréquence cardiaque (Bernez 1982 ; Pieter et coll. 2006) et de la consommation d'oxygène au cours d'enchaînements codifiés de techniques et de déplacements, suggéraient que leur exécution pouvait être utilisée comme moyen spécifique de développement des aptitudes aérobies (Shaw et Deutsch 1982 ; Zehr et Sale 1993). La consommation d'oxygène relevée dans les études précédentes s'étendait de 55 à 94% de la consommation maximale d'oxygène des sujets.

Les diverses études ayant utilisées des athlètes masculins élite ou de haut niveau en karaté ont démontré que ces derniers disposaient d'un $\dot{V}O_{2max}$ variant entre $48,5 \pm 6$ - $61,4 \pm 2,6$ ml/kg/min (Doria et coll., 2009 ; Ravier et coll., 2009 ; Ravier et coll., 2004 ; Imamura et coll., 1998 ; Imamura et coll., 1997). Les variations relativement importantes entre les valeurs minimales et maximales indiquées peuvent s'expliquer par la diversité des capacités physiques des athlètes sélectionnés de même que par les tests préconisés pour évaluer cette composante. Pour le karaté, la capacité aérobie est nécessaire pour prévenir la fatigue durant les entraînements, durant les pauses entre les échanges d'un combat ou lors de combats consécutifs ainsi qu'entre chaque ronde de combat (Beneke et al, 2004).

De leur côté, Doria et coll. (2009) et Imamura et coll. (2003) indiquent qu'en matière de puissance métabolique aérobie des athlètes féminins, ceux-ci ont obtenus des données similaires, soit $42,4 \pm 1$ et $42,9 \pm 1,6$ ml/kg/min dans leur étude respective. Cependant, d'après ces chercheurs, de plus amples recherches sur des athlètes féminins de haut niveau sont nécessaires pour disposer d'informations plus représentatives concernant ces athlètes et préparer ces dernières plus adéquatement à affronter les exigences de la compétition au plus haut niveau.

L'étude de Doria et coll. (2009) a montré qu'il n'y avait aucune différence dans la $\dot{V}O_{2max}$ par rapport à la masse corporelle entre les athlètes de haut niveau spécialistes en kata masculins et féminins ainsi qu'entre les athlètes de haut niveau spécialistes en kumite masculins et féminins. Néanmoins, selon Chaabène et coll. (2012) les conclusions de Doria et coll. ne peuvent être considérées comme concluantes en raison de la très petite taille de l'échantillon. En outre, Koropanovski et coll. (2011) ont rapporté qu'il n'y a pas de différence entre karatékas masculins spécialistes en kata et ceux spécialistes en kumite concernant l'endurance aérobie tel que mesurée par une épreuve de terrain « le test navette », confirmant ainsi les résultats précédents.

Il doit être noté que la $\dot{V}O_{2max}$, lorsqu'elle est exprimée par rapport à la masse corporelle, est généralement exprimée en ml/kg/min, comme déjà susmentionnée. Néanmoins, des études récentes ont montré qu'il était beaucoup plus approprié d'exprimer la $\dot{V}O_{2max}$ selon l'échelle allométrique, c'est à dire en ml/kg^{0,75}/min. Dans ce contexte, l'expression classique de la capacité aérobie, c'est à dire en ml/kg/min, sous-estime la capacité aérobie de sujets plus lourds (Millet, 2006).

Il est également intéressant de noter que l'entraînement en karaté en général, et en kata en particulier, pourrait jouer un rôle important dans l'amélioration de la santé cardiovasculaire (Funakoshi 1973). En outre, dans une étude récente menée par Yoshimura et Imamura (2010) sur des collégiennes sédentaires, il a été démontré que 10 semaines de 30 minutes d'entraînement de base en karaté pourraient faire atteindre le niveau de seuil minimal pour l'augmentation de la santé cardiovasculaire chez les femmes sédentaires.

Il convient de noter que tous les protocoles d'évaluation de la $\dot{V}O_{2max}$ précités ne sont pas spécifiques au karaté. Récemment, il a été démontré par Chaabène et coll. (2015a) que le karate specific aerobic test (KSAT), qui comprend les techniques les plus fréquemment utilisées en karaté, est fiable et présente une bonne validité. Ce test offre l'avantage majeur de mesurer la performance aérobie en intermittent (caractéristique du karaté) tout en tenant compte des

techniques les plus fréquemment utilisées en compétition de karaté (Chaabène et coll., 2012 ; Chaabène et coll., 2012a).

1.4.1.3. Performances aérobies chez l'enfant

La façon dont un individu réalise une performance aérobique dépend des ressources dont il dispose et de la façon dont il les utilise. Les enfants présentent des caractéristiques métaboliques et physiologiques, ainsi que des réponses à l'exercice qui évoluent avec la croissance et la maturation. La connaissance de ces réponses permet de leur proposer des exercices qui diffèrent qualitativement et quantitativement de ceux des adultes.

La performance aérobique est principalement déterminée par le plus haut niveau de consommation maximale d'oxygène pouvant être atteint, la fraction de $\dot{V}O_{2max}$ pouvant être maintenue (endurance aérobique) ainsi que par le coût énergétique. A ces paramètres s'ajoutent les qualités anaérobies, qui sont déterminantes pour la performance lors d'épreuves aérobies de courte durée, ainsi que la capacité de thermorégulation, qui joue un rôle non négligeable lors des exercices de longues durées ou lors d'épreuves réalisées dans des environnements thermiques difficiles.

L'évolution de ces facteurs explique l'amélioration des performances aérobies des enfants avec l'âge. La plupart de ces facteurs sont aussi susceptibles d'amélioration avec l'entraînement. Toutefois, pour que les progrès soient optimaux, et pour respecter les caractéristiques de chaque enfant, il convient de proposer des exercices adaptés à leurs possibilités. Ceci pose le problème de l'évaluation des qualités aérobies des enfants ainsi que des moyens de prescription des intensités d'exercice lors de l'entraînement (Millet, 2006).

Réponses physiologiques à l'exercice chez l'enfant

La contribution des différentes filières énergétiques à la resynthèse de l'adénosine triphosphate (ATP) dépend des réserves de substrats énergétiques présents dans l'organisme et de la vitesse à laquelle elles sont utilisées. Les réponses à l'exercice dépendent de ces réserves et de cette vitesse d'utilisation, et les comparaisons entre l'adulte et l'enfant donnent des résultats différents selon les types d'exercice.

Pour les exercices de haute intensité, les substrats immédiatement disponibles (ATP et créatine phosphate) sont utilisés en priorité. Ils ont été mesurés au repos à des concentrations similaires chez l'enfant et l'adulte par Gariod et coll. (1994). Il en est de même de la concentration et de l'activité des enzymes qui catalysent ces réactions. A partir de ces résultats,

il est souvent indiqué que les enfants ne présentent pas de limitation métabolique à l'exercice bref et intense.

Pour des exercices de type anaérobie lactique, le glycogène musculaire est le substrat permettant la resynthèse de l'ATP. La contribution de la filière anaérobie lactique à la fourniture d'énergie est classiquement illustrée au moyen du taux de lactate sanguin. Pour une même intensité relative d'exercice, cette concentration augmente avec l'âge. Les premiers travaux réalisés par l'équipe de B. O. Erikson au début des années 1970 ont montré que les réserves de glycogène musculaire de l'adulte étaient environ 50 % supérieures à celles de l'enfant et que l'activité de la phosphofructokinase (PFK), enzyme clé de la glycolyse, était inférieure d'environ 50 % chez l'enfant. Ces auteurs ont mis ces résultats en relation avec les plus faibles taux de lactate sanguin et suggéré, de façon très prudente, une relative immaturité de l'enfant à réaliser des exercices de type anaérobie lactique.

Cependant, des études plus récentes ont montré que l'activité de la PFK est similaire chez l'enfant et chez l'adulte, et qu'un entraînement anaérobie permet d'augmenter significativement l'activité de la PFK chez l'enfant de 11 ans. Ceci suggère que le débit d'énergie lié au catabolisme du glycogène est comparable chez l'enfant et chez l'adulte, en dépit de réserves en glycogène significativement inférieur chez l'enfant. Par ailleurs, il a également été suggéré que l'observation de taux de lactate sanguins plus faibles chez l'enfant serait principalement liée à la mise en jeu de masses musculaires moins grandes que chez l'adulte (Petersen et coll., 1999). Il ne semble donc pas y avoir d'argument scientifique qui laisse préjuger des conséquences néfastes sur la santé des enfants d'un exercice de type anaérobie lactique (Bar-Or, 1995).

Pour les exercices aérobies, l'enfant présente deux caractéristiques remarquables, proches de ce qui peut être chez l'adulte entraîné. L'activité des enzymes du cycle de Krebs est supérieure à celle des adultes, ce qui explique que pour une même intensité relative d'exercice, la contribution de la filière aérobie à la resynthèse de l'ATP soit supérieure chez l'enfant. De plus, en début d'exercice, l'ajustement de la consommation d'oxygène $\dot{V}O_2$ aux besoins en énergie est plus rapide chez l'enfant que chez l'adulte, ce qui implique une moindre contribution anaérobie à la fourniture totale d'énergie.

Pour les exercices de longues durées, l'organisme régule sa température centrale afin de la maintenir aux alentours de 37°C. Les mécanismes de thermorégulation peuvent être des éléments déterminants de la performance. Cette régulation, qui se fait par transfert d'énergie du corps vers l'environnement, dépend principalement de la différence entre la température de la

peau et celle de l'environnement. Les deux mécanismes principaux par lesquelles ces échanges se produisent sont la sudation et la convection.

L'enfant a un taux de sudation inférieur à celui de l'adulte et le seuil de température pour lequel la sudation se déclenche peut être supérieur. A l'inverse, l'enfant se caractérise par un rapport surface corporelle supérieur à celui de l'adulte. Il dispose donc de plus de possibilités d'échange de chaleur par convection entre le corps et l'environnement. Dans les environnements thermiques neutres ou modérément chauds, les possibilités de thermorégulation de l'enfant sont semblables à celles de l'adulte. Par contre, dans des environnements thermiques extrêmes, la capacité de thermorégulation et la tolérance à l'effort sont nettement diminuées chez l'enfant.

La capacité de thermorégulation est étroitement liée au niveau d'hydratation des individus et une autre caractéristique de l'enfant est que, quel que soit le niveau de déshydratation sa température corporelle augmente plus rapidement que celle de l'adulte. De façon générale, et plus encore dans des ambiances thermiques chaudes, il faudra veiller à sa réhydratation.

Consommation maximale d'oxygène chez l'enfant

La $\dot{V}O_{2max}$ est classiquement mesurée par analyse des échanges gazeux respiratoires lors d'épreuves à charge ou à vitesse croissante (ou triangulaires). Lorsqu'elle est rapportée à la masse corporelle, la $\dot{V}O_{2max}$ relative ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) est le mètre étalon des qualités aérobies des individus. La $\dot{V}O_{2max}$ des garçons sédentaires est d'environ $45 ml.kg^{-1}.min^{-1}$, de 6-7 ans jusqu'à l'âge adulte. Chez les filles, des valeurs similaires sont observées jusqu'au moment de la puberté (10-11 ans chez les filles et 12-13 ans chez les garçons), puis la $\dot{V}O_{2max}$ diminue pour atteindre environ $40 ml.kg^{-1}.min^{-1}$ à 18 ans. Cette différence entre garçons et filles est en partie expliquée par une augmentation de la masse grasse plus importante chez les filles au moment de la puberté. Ainsi, lorsque la $\dot{V}O_{2max}$ n'est plus rapportée à la masse totale, mais uniquement à la masse maigre, la différence entre garçons et filles diminue, mais sans disparaître complètement. Les différences entre garçons et filles peuvent provenir de concentration en hémoglobines inférieures chez ces dernières.

Pour les exercices conduits jusqu'à $\dot{V}O_{2max}$, lors d'épreuves triangulaires, l'enfant (comme l'adulte) atteint sa fréquence cardiaque maximale (FCmax). Pour l'enfant, l'équation générale 220-âge ne s'applique pas car la FCmax varie peu entre 6 et 18 ans et se situe

généralement entre 190 et 210 batt/min. Par contre, les valeurs maximales de lactate sont inférieures chez l'enfant, environ 7 mmol/l à 8 ans contre 10 mmol/l chez l'adulte.

Chez l'adulte, lors d'un exercice triangulaire, un plafonnement de la $\dot{V}O_{2max}$ est observé en fin d'exercice. Chez l'enfant, ce n'est pas toujours le cas. On préfère alors employer l'expression « pic de $\dot{V}O_2$ » ($\dot{V}O_{2pic}$) pour identifier la $\dot{V}O_2$ de fin d'exercice (Armstrong et al, 1996 in Millet, 2006).

Lorsque des programmes d'entraînement adaptés sont proposés, des améliorations significatives de la $\dot{V}O_{2max}$ sont observés chez l'enfant, quel que soit son âge. La fréquence et la durée des séances, ainsi que la durée des entraînements, sont des éléments déterminants pour ces programmes. Toutefois, l'intensité des exercices proposés semble être le facteur clé du progrès. Chez l'enfant une intensité d'exercice supérieure à 80 % de la $\dot{V}O_{2max}$ est nécessaire pour espérer des progrès, et une intensité comprise entre 90 % et 120 % de la $\dot{V}O_{2max}$ semble être optimale (Millet, 2006). Cependant, les progrès moyens attendus, en termes de $\dot{V}O_{2max}$ (environ 8 %), sont inférieurs à ceux que l'on peut atteindre chez l'adulte (20 %). Ces différences entre enfant et adulte peuvent provenir pour partie d'un niveau initial de $\dot{V}O_{2max}$ plus élevé chez l'enfant, lui-même lié pour partie à un niveau d'activité physique spontané supérieur. On note qu'il n'y a actuellement aucun argument scientifique qui justifie l'existence d'un « âge d'or » pour l'entraînement aérobie des enfants (Millet, 2006).

1.4.2. Capacité anaérobie

Le premier système énergétique à entrer en action dans la performance sportive, est le système anaérobie. Une des particularités de ce système est qu'il ne requiert pas l'utilisation d'oxygène pour produire de l'énergie. Les ressources de cette filière sont emmagasinées dans les muscles et sont prêtes à être utilisées aussitôt que l'athlète veut en faire usage. Dans les faits, le système anaérobie est constitué de deux sous-systèmes, soit le système anaérobie alactique (ou ATP : adénosine triphosphate) et le système anaérobie lactique (ou CP : créatine phosphate).

Certaines études ont évalués divers paramètres pour mieux comprendre la contribution de la capacité anaérobie dans la performance d'athlètes de haut niveau. Les études ayant évalué l'intensité du karaté, indiquent de façon généralisée qu'il s'agit d'une activité à haute intensité (Tabben et coll., 2013 ; Ravier et coll., 2009 ; Doria et coll., 2009). À cet égard, Montassar et coll. (2013), ont enregistré les fréquences cardiaques d'athlètes de niveau international suite à des combats de 3 minutes pour les hommes et 2 minutes pour les femmes durant une

compétition officielle. La fréquence cardiaque (Fc) moyenne de ces athlètes a atteint une valeur de 183 ± 8 battements/ minute (batt/min). Sur la base de la fréquence cardiaque maximale moyenne des sujets (femmes : 200 ± 7 batt/min; hommes : 201 ± 5 batt/min), ils ont ainsi évalués que leur intensité représentait une valeur approximative de $91 \pm 3\%$ Fc maximal. Ils ajoutent qu'une telle intensité requiert le soutien du système cardio-vasculaire de façon significative.

Une autre façon permettant d'évaluer la contribution du système anaérobie, donc d'estimer l'intensité de l'effort auprès d'athlètes de haut niveau, est par l'entremise de la méthode du déficit d'oxygène maximal accumulé (DOMA) (Medbo et coll., 1988). Par cette méthode, il est possible de noter la présence de lactate (La) et d'ion hydrogène (H⁺) dans le plasma sanguin. La présence de ces éléments représente des indicateurs bien connus de l'activité anaérobie se produisant dans un muscle actif (Medbo ; Burgers, 1990 ; Tabata et coll., 1996 ; Jacobs et coll. 1987 ; Zouhal et coll., 2001).

À cet égard, Ravier et coll. (2009) ont regroupés dix-sept athlètes de l'équipe de France de karaté pour évaluer l'efficacité d'un entraînement spécifique visant à accroître leur capacité anaérobie. Les sujets ont été séparés en deux groupes. Le premier groupe, le groupe contrôle, poursuivi l'entraînement régulier de l'équipe nationale incluant 4 à 5 séances de karaté par semaine en plus d'une séance d'aérobie et une autre de musculation. L'autre groupe effectua le même entraînement mais ajouta deux séances d'entraînements intermittents à haute intensité (environ 140% du $\dot{V}O_{2max}$) par semaine. Chacun des groupes poursuivi ce régime pour une durée de sept semaines.

À la fin de la période de sept semaines, les auteurs ont observés un accroissement considérable du $\dot{V}O_{2max}$, de même que de la capacité anaérobie, des athlètes ayant effectués les entraînements intermittents supplémentaires. Ces changements se sont produits malgré le fait qu'il s'agissait déjà d'athlètes de très haut niveau. Les auteurs concluent que bien que cet entraînement pourrait être amélioré en introduisant des exercices pour le haut du corps, il est suggéré que des karatékas pourraient organiser leurs entraînements en incluant des exercices intermittents courts à haute intensité et aussi de différents groupes musculaires.

Adaptations à l'entraînement en endurance

Pour Paillard (2010), dans l'absolu, ces adaptations sont nombreuses mais la durée d'un programme spécifique devrait être très longue pour faciliter des adaptations optimales. Le cycle d'endurance de début de saison n'est pas suffisamment long mais lorsqu'il est associé à l'ensemble du travail effectué au cours de la carrière d'un sportif, les adaptations sont d'ordre musculaire, ventilatoire et cardiovasculaire.

Les adaptations musculaires sont de nature morphologique, biochimique [augmentation des réserves intracellulaires, du contenu en myoglobine, de la taille et du nombre de mitochondries, de la concentration et de l'activité des enzymes oxydatives (ex : succinate déshydrogénase, malate déshydrogénase, isocitrate déshydrogénase, citrate synthase...)] et vasculaire (capillarisation) en faveur des fibres à contraction lente ou slow-twitch (résistance à la fatigue). L'augmentation de la densité capillaire est une des adaptations les plus importantes à l'entraînement d'endurance. Le nombre de capillaires peut augmenter jusqu'à 15%, après un entraînement d'endurance long et intensif. Cette capillarisation supplémentaire augmente la surface disponible pour les échanges gazeux entre le sang et les muscles qui travaillent.

Les adaptations ventilatoires ou respiratoires se manifestent par une diminution de certaines caractéristiques physiologiques et par une augmentation d'autres paramètres. Les caractéristiques qui diminuent sont les résistances pulmonaires à l'écoulement de l'air, l'espace mort alvéolaire (ventilation/perfusion), le volume résiduel (meilleure efficacité ventilatoire), le niveau de ventilation (pour une consommation d'oxygène donnée, la quantité d'air ventilée diminue de 15-20 %) et le coût des muscles respiratoires. Les paramètres qui augmentent sont le volume thoracique et le calibre des voies aériennes, la puissance des muscles respiratoires, les volumes ventilatoires utiles (capacité vitale), les débits ventilatoires maximaux (e.g. ventilation pulmonaire maximale ; volume expiré maximal par seconde ou VEMS de Tiffeneau), l'efficacité ventilatoire (pour une ventilation identique, le volume courant –VT– augmente et la fréquence respiratoire –FR– diminue) et la coordination entre le rythme ventilatoire et le rythme de l'exercice.

Les adaptations cardio-vasculaires se réalisent aux niveaux cardiaque (cavités et parois), circulatoire (calibre des vaisseaux, section des coronaires, densité des réseaux capillaires particulièrement autour des fibres musculaires à contraction lentes) et sanguin (augmentation du volume de sang, de la quantité d'hémoglobine, du volume plasmatique).

Intérêt de développer la filière lactique

Cela permet d'allonger la durée d'un travail intense et/ou (selon l'objectif poursuivi) de développer une puissance musculaire plus importante et donc de fournir plus d'énergie sur un temps déterminé.

Sur le plan physiologique, l'hypertrophie momentanée des muscles actifs à l'effort peut devenir durable si les efforts sont répétés fréquemment car ces muscles vont s'enrichir de bicarbonate pour lutter contre la fréquente acidité ambiante. Les réserves intracellulaires

glycogéniques et les concentrations de certaines enzymes (glycogène phosphorylase, hexokinase, phosphofructokinase) s'accroissent. Ainsi, durant l'effort, la quantité et la vitesse de dégradation du glycogène en acide lactique sont augmentées. Le myocarde bénéficie également d'adaptations structurelles (taille des cavités et hypertrophie). En revanche, l'acidité que génère ce type d'effort n'est pas favorable à la création de nouveaux capillaires (capillarisation).

1.4.3. La force maximale dynamique

La façon la plus traditionnelle pour évaluer la force dynamique est de déterminer combien un individu peut soulever pour une répétition maximale (1RM) (Fry et coll., 2002). Peu de recherches ont été conduites à ce sujet en karaté.

Les résultats en force maximale absolue en développé couché et en demi-squat à 1RM différaient sensiblement entre les karatékas compétiteurs de haut niveau par rapport aux novices. Ceci a conduit les auteurs à suggérer que le développé couché et le demi-squat sont des indicateurs de performance pour les karatékas compétitifs de haut niveau (Imamura et coll., 1998). Cependant, une autre étude comparant des karatékas vainqueurs en compétition et des perdants a révélé des performances de 1RM similaires en développé couché et en squat (Roschel et coll., 2009). Ces résultats sont similaires à ceux de Toskovic et coll. (2004) qui ont comparé des athlètes confirmés de taekwondo à des débutants. Ainsi, ces résultats suggèrent que la force dynamique maximale n'est pas déterminante dans la performance en kumite. D'autres variables, telles que la vitesse de contraction, peut jouer un rôle plus important. Malheureusement, il n'existe aucune étude, sur les karatékas de sexe féminin, qui compare la force dynamique entre karatékas spécialistes en kata et en kumite ou les différences entre les catégories de poids (Chaabène et coll., 2012).

Lorsque l'on compare des karatékas de haut niveau aux amateurs, Sbriccoli et coll. (2010) ont rapporté que les karatékas expérimentés avaient un couple de force en flexion du genou plus important que les amateurs, lors de tâches isocinétiques. Les karatékas de haut niveau avaient des valeurs de vitesses de conductions plus élevées du biceps fémoral à toutes les vitesses angulaires. En revanche, aucune différence significative n'a été trouvée entre les groupes en ce qui concerne le couple de force du genou en extension ou de la vitesse de conduction du vastus lateralis (vaste externe). Les mêmes auteurs ont révélé que lors des tâches isocinétiques, les karatékas de haut niveau avaient réduit l'activation des deux antagonistes vaste externe et biceps fémoral à toutes les vitesses angulaires.

Probst et coll. (2007) ont comparé la flexion et l'extension isocinétiques du genou entre karatékas et un groupe de sujets qui n'ont pas pratiqué de karaté. Les auteurs ont constaté que le groupe de karatékas a montré un plus grand pic de couple de force à 60°/Seconde et 180°/Seconde dans les ischio-jambiers gauche et droit par rapport au groupe de contrôle.

Adaptation à l'entraînement de la force

Les facteurs de la performance d'ordre anatomophysiologique dépendent de la section transversale du muscle (pour l'ensemble des muscles actifs), de la coordination intramusculaire (pour chacun de ces muscles) et de la coordination intermusculaire (entre les différents muscles actifs). Plus précisément, pour l'ensemble des chaînes musculaires actives lors de l'exécution d'une technique, ces facteurs sont liés au nombre de sarcomères dans le muscle, à la synchronisation spatiale (nombre) et temporelle (fréquence de téτανisation) des unités motrices, à la fréquence d'impulsion des potentiels d'action, à la coordination des muscles agonistes et antagonistes, au seuil de déclenchement des organes tendineux de Golgi.

Par ailleurs, le développement de la force induit également des adaptations biochimiques (réserves en phosphagènes, concentrations et activités enzymatiques), tissulaires (tissu musculaire, tissu conjonctif musculaire), osseuses (couche corticale, densité minérale osseuse, organisation des travées), articulaire (épaississement du cartilage, de la capsule et des ligaments, et modelage des surfaces articulaires) et tendineuses (hypertrophie et adaptation en longueur en fonction de la course segmentaire). Outre donc, l'augmentation de la masse musculaire, le travail en force peut engendrer un léger accroissement de la masse de l'appareil locomoteur passif (squelette et articulation notamment). L'avantage qu'on peut en retirer est l'élévation de la résistance mécanique de cet appareil. Enfin l'entraînement de la force peut s'accompagner d'un épaississement des parois myocardiques car ce type de travail induit une élévation de la concentration d'hormones androgènes lesquelles se fixent sur le myocarde qui possède de nombreux récepteurs à ces hormones.

Cependant, un excès de travail en force peut générer des microtraumatismes importants qui débouchent à terme sur de l'arthrose ou une autre pathologie articulaire.

1.4.4. La puissance musculaire

Atteindre le niveau de performance le plus élevé en karaté est possible en appliquant une énergie cinétique élevée à un segment de corps sur un court laps de temps. Ainsi, la force musculaire explosive joue un rôle majeur dans la réalisation de meilleures performances en karaté (Ravier et coll., 2003 ; Blazevic et coll., 2006 ; Katić et coll., 2010).

Selon la WKF, la performance en kumite dépend de la vitesse et la puissance des actions des karatékas. Une plus importante puissance musculaire, notamment en termes de performances en saut vertical chez des karatékas juniors internationales, a été rapportée dans l'étude de Ravier et coll. (2004) par rapport à leurs homologues de niveau national.

En outre, Ravier et coll. (2004) ont constaté que les karatékas de niveau international avaient une plus grande puissance maximale et des valeurs maximales de vitesse sur une bicyclette ergométrique à freinage mécanique par rapport à leurs homologues de niveau national. Ainsi, la vitesse de déplacement pourrait aider à expliquer les niveaux de performance pour l'action musculaire explosive impliquée dans le karaté aussi que le déplacement en karaté dépend plus de la vitesse de contraction plutôt que de la force musculaire (Ravier et coll., 2004). En effet, parmi les facteurs mécaniques du muscle, la vitesse maximale et la force explosive représentent les principaux déterminants, participant à la performance en karaté (Ravier et coll., 2004 ; Roschel et coll., 2009).

Une autre étude menée par Roschel et coll. (2009) a suggéré que la performance en karaté s'appuie davantage sur la puissance musculaire à petites charges plutôt qu'à grandes charges. Une comparaison entre des karatékas victorieux et ceux qui ont subi un échec en compétition a révélé qu'il n'y avait pas de différences significatives entre eux en termes de performances en puissance à grandes charges (60% d'une répétition maximale [1RM]). Alternativement, à faibles charges (30% de 1RM), des différences significatives dans la performance en puissance ont été observées pour les exercices de développé couché et de squat ; les vainqueurs avaient des valeurs plus élevées.

Contrairement à la performance en puissance avec une charge associée, aucune différence significative n'existait entre les karatékas vainqueurs et les perdants lors du test de saut vertical (Roschel et coll., 2009). En ce qui concerne la comparaison entre les karatékas spécialistes en kata et en kumite, l'étude de Doria et coll. (2009) a révélé que la force explosive ne différait pas entre les athlètes spécialistes en kata et en kumite dans des tests de puissance en squat jump (SJ) ou en countermovement jump (CMJ) et ce pour les deux sexes. Ce résultat a été confirmé dans une étude de Korapanovski et coll. (2011) menée sur des karatékas serbes de haut niveau. Ces chercheurs n'ont trouvé aucune différence significative dans les performances en CMJ entre spécialistes en kumite et ceux en kata.

En revanche, ces auteurs (Korapanovski et coll., 2011) ont trouvé une capacité d'accélération significativement plus élevée, évaluée à la fois par le test de sprint sur 10m et le test du triple saut debout, chez les compétiteurs spécialistes en kumite par rapport à leurs homologues spécialistes en kata. Ils ont conclu que la différence obtenue peut s'expliquer par

les exigences spécifiques typiques des compétitions en kata et en kumite (c'est-à-dire que la capacité d'engager rapidement des changements dans la position du corps dans le plan horizontal peut déterminer la réussite des habiletés en matière d'attaque et de défense en kumite).

Zehr et coll. (1997) ont rapporté que les karatékas expérimentés avaient des valeurs plus élevées en matière de pic de vitesse d'extension du coude, tant sans charge qu'avec 10% de contraction isométrique maximale volontaire, par rapport aux karatékas novices. Une comparaison entre les comportements offensifs et défensifs des karatékas a révélé que les karatékas expérimentés sont caractérisés par des CMJs significativement plus élevés (+ 15%) ainsi que pour les SJs (+ 18%) (Ravier et coll., 2004). Les mêmes auteurs ont conclu que les CMJs et SJs pourraient être des éléments pertinents de la propension de l'attaque des karatékas, considérés comme un facteur crucial dans l'analyse des caractéristiques musculaires mécaniques de ces derniers.

Pozo et coll. (2011) ont étudié le temps d'exécution, la cinétique et cinématique du coup de pied mae geri entre les karatékas de niveau national et international et ont constaté que les karatékas internationaux étaient plus rapides que leurs homologues nationaux dans toutes les phases du mae geri, alors qu'il n'y avait aucune différence dans la force d'impact. Ils ont conclu que cette similitude en matière de force d'impact peut être due à l'apprentissage de la stratégie spécifique de contrôle de la jambe de frappe.

Dans ce contexte, les règles des compétitions internationales de haut niveau du karaté Shotokan stipulent que les compétiteurs doivent contrôler la plupart des actions techniques à l'impact pour éviter de blesser leurs adversaires lors du combat. Le respect de ces règles pourrait être la raison pour laquelle les karatékas internationales « freinent » leur mae geri juste avant l'impact (Sbriccoli et coll., 2010 ; Pozo et coll., 2011).

Les actions décisives en karaté kumite (coup de pied ou de poing) dépendent principalement de la puissance explosive musculaire. La performance en combat de karaté est exclusivement influencée par les niveaux plus élevés de production de force-vitesse des membres supérieurs et inférieurs (chaabène et coll., 2012).

1.4.5. La souplesse

La flexibilité est l'un des composants de base de la condition physique dans certains sports comme le karaté (Fleishman, 1964 ; Pate ; Shephard, 1989). Cependant, il existe actuellement très peu de données sur la flexibilité des athlètes de karaté. La souplesse se réfère à l'amplitude du mouvement dans une articulation donnée ou dans une série d'articulations. En

plus de promouvoir la facilité et la grâce du mouvement, la souplesse peut aider à prévenir les blessures (Smith, 1994 ; McHugh ; Nesse, 2008). L'augmentation de l'amplitude des mouvements et de la souplesse est extrêmement importante dans les sports de combat, et en particulier pour la performance en karaté de haut niveau. L'importance de la souplesse est cruciale chez les karatékas, elle permet d'exécuter des coups de pieds de haute amplitude au niveau de la tête et d'effectuer des mouvements à vitesses élevées.

Probst et coll. (2007) ont comparé le niveau de souplesse articulaire de pratiquants de karaté à celle de sujets témoins, en évaluant la flexion et l'extension du genou, la flexion et l'extension de la hanche, la rotation interne de la hanche, la rotation latérale de la hanche, la flexion dorsale, la flexion plantaire, l'inversion et l'éversion du pied. L'étude a révélé que les karatékas avaient une plus grande souplesse seulement au niveau de la flexion et de l'extension de la hanche droite et gauche par rapport aux sujets témoins. En outre, les karatékas semblaient aussi avoir une plus grande souplesse significative au niveau de leur flexion du genou droit et gauche (Probst et coll., 2007). La plus grande souplesse des fléchisseurs de la hanche du groupe de karatékas peut être induite à l'effet de l'entraînement lié à la flexion répétée des muscles de la hanche au cours de la première phase du coup de pied (Shirely, 1992).

Étonnamment, Probst et coll. (2007) ont montré que le groupe de karatékas n'était pas plus souple que le groupe de contrôle concernant les autres variables mesurées, en particulier les ischio-jambiers.

Violan et coll. (1997) ont étudié les effets de six mois d'entraînement en karaté sur la souplesse d'un groupe de garçons âgé de 8 à 13 ans sans aucune expérience martiale préalable et les ont comparés à des garçons impliqués dans des sports récréatifs. Ces auteurs ont montré que les garçons participant à l'entraînement en karaté avaient des améliorations en termes de souplesse statique, en particulier au niveau de leurs quadriceps en comparaison avec le groupe témoin.

Koropanovski et coll. (2011) ont révélé qu'il n'y avait aucune différence entre la souplesse des karatékas spécialistes en kata et ceux spécialistes en kumite dans un test mesurant la souplesse au niveau des hanches (side leg splits test). En outre, pour ces chercheurs la recherche doit porter sur l'amplitude de mouvements nécessaires à la réalisation d'une performance en karaté. En effet, atteindre des amplitudes de mouvement extrêmement élevées n'est probablement pas nécessaire pour les karatékas. Aussi, la distinction doit être faite en matière de souplesse statique et dynamique. Selon les exigences spécifiques du karaté, il semble qu'une bonne souplesse dynamique est beaucoup plus importante à avoir qu'une souplesse statique, sauf que cette dernière reste plus facile à évaluer.

1.5. L'évaluation :

« Evaluer, c'est donner une valeur à une observation ou à une mesure portant sur un comportement, un critère, un résultat et/ou une performance, afin de prendre une décision s'inscrivant dans le contexte choisi par l'évaluateur » (Cazorla, 1999 in Dellal, 2008).

Selon Paillard (2010), les tests physiologiques permettent d'établir le profil physiologique à un moment donné et de porter un jugement objectif sur les capacités physiques du sportif à partir de critères précis. A partir de là, il devient possible de concevoir un entraînement dit « rationnel ».

L'évaluation peut être prédictive (pour détecter de jeunes talents ; difficile car les meilleurs jeunes deviennent rarement les meilleurs adultes), sommative (pour déterminer les effets d'un programme d'entraînement à travers des évaluations réalisées pré- et post-programme), formative (permet d'élaborer une stratégie de formation à partir du profil de l'athlète et des exigences de l'activité), normative (permet de comparer les qualités sportives que présente un sportif à la moyenne des autres sportifs de même âge et de même niveau sportif) et spécifique (pour évaluer les qualités spécifiques à l'activité).

Elle comporte des tests ou des observations sur les plans techniques (tests spécifiques), tactique (en situation réelle de combat au cours de tournois, de simulation de compétition ou de compétition), psychologique (tests qui évaluent la motivation, la capacité au surpassement, le contrôle, l'estime de soi...) et physiologique.

L'évaluation physiologique consiste à réaliser des tests sur les différentes qualités physiques du sportif mais elle doit également comporter des analyses de composition corporelle, car ses valeurs de masse maigre et de masse grasse conditionnent sa préparation sportive ainsi que sa stratégie de composition en vue de rencontrer des futurs adversaires présentant une morphologie spécifique selon une catégorie de poids particulière.

Les capacités physiques fondamentales à évaluer sur le plan des capacités physiques fondamentales à évaluer sur le plan des capacités fonctionnelles chez le karatéka sont les aptitudes aérobies, le métabolisme anaérobie lactique, la force et la vitesse (gestuelle). Récemment plusieurs études ont montré que d'autres qualités font partie intégrante du potentiel physique du sportif. En effet, les capacités posturales et psychomotrices favorisent ou au contraire inhibent l'expression des potentiels musculaire et énergétique du sportif. Aussi, il ressort que le niveau de souplesse du sportif influence son risque de blessures et sa capacité de performance.

Chaque qualité physique est évaluée par un test spécifique ayant été au préalable validé par des experts (scientifiques) sur le plan de sa validité, de son objectivité et de sa reproductibilité. Dans la pratique, le suivi longitudinal implique que les tests soient réalisés dans les mêmes conditions (lieux, jour de la semaine, heure) afin de comparer le sportif rigoureusement de la même manière au cours de différentes périodes.

Par ailleurs, il existe différents types de tests. Une même qualité physique peut être évaluée au travers de tests de laboratoire ou de terrain. Les tests peuvent être directs (mesurant directement une fonction telle que, par exemple, une consommation maximale d'oxygène) ou indirects (mesurant, par exemple, la fréquence cardiaque au cours d'un effort musculaire maximal ou sous-maximal pour calculer la $\dot{V}O_{2max}$ à partir d'équations prédictives). Les tests peuvent aussi mesurer une fonction physiologique dans un cadre standardisé pour tous les sujets. Dans ce cas, il s'agit d'un test dit général. Cette même fonction physiologique peut également être évaluée dans un contexte qui tienne compte des particularités d'évolution motrice des sujets. Il s'agit d'un test dit spécifique. Par exemple, au lieu d'évaluer la $\dot{V}O_{2max}$ à travers un exercice traditionnel de course à pied sur tapis roulant ou de pédalage sur ergocycle (exercices les plus couramment pratiqués en laboratoire), cela peut se faire pour un nageur en piscine (ce qui est rare, car cela suppose de disposer d'un équipement spécifique).

1.5.1. Tests d'évaluation

L'évaluation physique et physiologique reste l'un des aspects les plus importants de l'optimisation de la performance sportive. Les principaux objectifs des tests sont la détection de talents, l'évaluation des capacités physiques et la sélection des domaines nécessitant des améliorations, la définition de nouveaux objectifs et l'évaluation des progrès réalisés. La tendance dans la littérature scientifique actuelle est de proposer des tests valides qui respectent et qui permettent le suivi des exigences physiques, physiologiques, techniques et tactiques particulières du sport choisi. Cette tendance commence à se développer au cours des vingt dernières années par la recherche des tests de terrain spécifiques, valides et complémentaires à l'évaluation en laboratoires afin de définir avec précision le profil physique des athlètes.

1.5.2. Tests d'évaluation en Karaté

L'évaluation physique et physiologique, donne un aperçu sur la méthodologie utilisée dans le programme d'entraînement visant l'amélioration de la performance sportive, reflétant ainsi, la réussite ou l'échec du programme en question. Une évaluation objective, en utilisant des tests appropriés, permettraient d'attirer avec précision l'attention des entraîneurs, des préparateurs physiques et des scientifiques du sport sur les faiblesses ou encore les points forts

de leurs athlètes. Cette approche permettrait aux entraîneurs de mettre à jour régulièrement leur programme d'entraînement pour l'optimisation de la performance sportive.

1.5.2.1. Tests d'évaluation de la force maximale

Un développement optimale de la force musculaire est primordiale pour gérer efficacement les exigences physiques, tactiques et / ou techniques, spécifiques au karaté. Imamura et coll. (1998) ont rapporté que les résultats du test maximal de développé couché et de demi-squat (1RM) diffèrent significativement entre les karatékas compétitifs de haut niveau et les débutants. Cette observation pousse les auteurs à suggérer que le développé couché et le demi-squat sont des indicateurs du haut niveau des karatekas compétitifs. En conséquence, ces tests d'évaluation de la force seraient utilisés dans l'évaluation régulière des karatékas. Malgré cela, Roshel et coll., (2009) ont révélé des résultats similaires de la force maximale (1RM) en développé couché et en demi-squat entre les vainqueurs et les perdants en karaté. À la lumière de ce résultat, les mêmes auteurs ont suggéré que la vitesse de contraction musculaire semble être plus décisive en karaté, que la force dynamique maximale. L'étude de Sbriccoli et coll. (2010) mettent en évidence la différence entre les karatékas amateurs et ceux qui sont compétitifs à haut niveau et a révélé que ceux-ci avaient des valeurs plus importantes de couples de flexion au genou que les amateurs lors de tâches isocinétiques. Pour être plus précis, les karatekas compétitifs avaient des valeurs de vitesse de conduction plus élevées du biceps fémoral à toutes les vitesses angulaires. Au contraire, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes en ce qui concerne le couple d'extension du genou ou de la vitesse de conduction du *lateralis vastus*. Les mêmes auteurs ont proclamé que lors des tâches isocinétiques, les karatekas de haut niveau avaient réduit l'activation antagoniste des deux *lateralis vastus* et du biceps fémoral à toutes les vitesses angulaires. Dans une enquête menée par Loturco et coll., (2014), une corrélation significative entre l'accélération du coup de poing et 1RM au squat à la machine et au développé couché chez les karatekas de niveau international a été rapportée. Cependant, les chercheurs ont montré que 56% à 65% de la variation de l'accélération du coup de poing de karaté (*gyaku tsuki*) pourrait être prédite par une combinaison de rapport puissance moyenne de propulsion au squat à la machine, et soit en 1RM au squat à la machine ou 1RM au développé couché. Pour ces chercheurs, ces résultats mettent l'accent sur l'importance particulière dans la spécification et l'élaboration des programmes d'entraînement, de préparation physique appropriés et concrets en vue d'optimiser les performances en kumite en utilisant des tâches à 1RM.

1.5.2.2. Tests d'évaluation de la force explosive

Il est largement établi que la vitesse maximale et la force explosive représentent les principaux facteurs déterminants des performances en karaté kumite de haut niveau (Chaabène et al, 2012 ; Chaabène et al, 2014 ; Chaabène et al, 2014a). Plusieurs tests des membres supérieurs et inférieurs ont été utilisés pour évaluer la puissance musculaire. Ravier et coll., (2004) en utilisant le test de saut vertical, ont rapporté plus de puissance musculaire et une plus grande puissance maximale, ainsi que des valeurs de vitesse évaluée à travers un ergocycle à résistance par friction chez les karatékas de niveau international par rapport à leurs homologues de niveau national. En ce qui concerne la différence entre les vainqueurs et les perdants, d'après Roschel et coll., (2009) celle-ci repose davantage sur la puissance musculaire à petites charges plutôt qu'à des charges élevées. Cela a été constaté en ayant des résultats ne présentant pas de différences significatives entre les vainqueurs et les perdants en termes de performance de puissance musculaire à des charges élevées (60% d'une répétition maximale (1RM), alors que pour de faibles charges (30% de 1RM), les vainqueurs affichent des valeurs plus élevées de puissance en développé couché et en squat par rapport aux perdants. Dans l'étude de Loturco et al, (2014) déjà sus-citée, les auteurs ont étudié la corrélation entre l'accélération du coup de poing (gyaku tsuki) et les exercices de puissance chez les karatékas professionnels. Les résultats ont révélé que les exercices de puissance des membres supérieurs (puissance moyenne de propulsion en développé couché), ainsi que ceux des membres inférieurs (squat jump, counter mouvement jump et la puissance moyenne de propulsion et de vitesse avec une charge correspondant à 40% de la masse corporelle en squat jump), étaient fortement corrélés à l'accélération du coup de poing. Pour ces chercheurs, ces résultats soulignent l'importance d'utiliser de tels tests, des membres supérieurs et inférieurs dans l'évaluation de karatékas de haut niveau. En règle générale, les actions décisives au cours du karaté kumite sont principalement dépendantes de la puissance musculaire, par conséquent, des tests de puissance musculaire pour les membres supérieurs et inférieurs doivent systématiquement être utilisés.

1.5.2.3. Evaluation de la capacité aérobie

Les valeurs de $\dot{V}O_{2max}$ présentées dans les chapitres précédents, précisément celles de Doria et al, (2009), de Beneke et al, (2004) et de Chaabène et al, (2012) étaient essentiellement établies au moyen d'essais de laboratoire (tapis roulant et cyclo-ergomètre). Koropanovski et coll., (2011) ont évalué l'endurance aérobie au moyen du test 20m navette des karatékas d'élite spécialistes en kumite, et ont enregistré la distance totale parcourue sans préciser le $\dot{V}O_{2max}$ estimé. Ils recommandent d'utiliser des tests plus spécifiques d'évaluation de l'endurance, en

particulier celles relatives à la nature intermittente de l'activité du karaté. Récemment, Chaabène et coll., (2015) ont évalué l'endurance aérobie des karatékas d'élite à la fois en laboratoire (tapis roulant) et sur le terrain (Yo-Yo test niveau 1). Ils ont révélé des valeurs de $\dot{V}O_{2max}$ très étroites entre les deux tests (laboratoire : $53,0 \pm 6,62$ ml/kg/min ; Yo-Yo test : $54,67 \pm 5,36$ ml/kg/min). Comme il représente l'un des aspects les plus importants de la performance en karaté de haut niveau, selon ces auteurs, le niveau de l'aptitude cardiovasculaire doit être soigneusement examiné et évalué systématiquement par les entraîneurs et les scientifiques du sport.

1.5.2.4. Evaluation de la capacité anaérobie

L'évaluation du système d'énergie ATP-CP des karatékas est d'une importance capitale. Le test de Wingate est largement utilisé comme l'un des tests les plus acceptés et des plus précis pour évaluer les caractéristiques de puissance anaérobies. Le pic de puissance des karatékas spécialistes en kumite de sexe masculin par rapport à ceux de sexe féminin était de $9,1 \pm 1,1$ W/kg et $7,8 \pm 0,6$ W/kg, respectivement (beneke et al, 2004 ; Doria et al, 2009). Les karatékas de sexe masculin ont affiché un pic de puissance et une puissance moyenne plus élevés que ceux de sexe féminin (Doria et coll., 2009). Lors de l'utilisation du test de force-vitesse pour estimer la différence entre les karatékas de différent niveau compétitif (niveau national vs. niveau international), Ravier et coll., (2005) ont noté une différence significative entre eux en ce qui concerne la puissance maximale avec une plus grande valeur pour le groupe de niveau international ($12,5 \pm 1,3$ W/kg) par rapport au groupe de niveau national ($10,9 \pm 1,5$ W/kg). Selon les auteurs, cette observation a une répercussion pratique importante en particulier lorsqu'il s'agit de faire la distinction entre karatékas de différents niveaux compétitifs. Les mêmes auteurs ont utilisé un autre test anaérobie (test de déficit maximal en oxygène) visant à établir la capacité anaérobie entre des karatékas nationaux et internationaux. Des résultats similaires ont été enregistrés entre les deux groupes ($64,5 \pm 6,4$ mL / kg et $67,76 \pm 8$ ml/kg, respectivement). Pour ces auteurs, ceci avance à poser l'hypothèse que la performance en karaté kumite semble dépendre de la puissance anaérobie plus que de la capacité anaérobie.

1.5.2.5. Tests spécifiques

Les grandes variations dans les exigences physiques et physiologiques des différents sports (à savoir, le système d'énergie ; les adaptations physiques et physiologiques, l'analyse temporelle, les spécificités techniques ...) nécessitent, évidemment, des tests d'évaluation qui reflètent ces différences. Des tests spécifiques procureraient des résultats précis concernant les exigences physiques et physiologiques particulières au sport.

1.5.2.5.1. Test aérobie (le KSAT)

La première tentative dans la littérature scientifique a été faite par Nunan (2006). Celui-ci a proposé un test spécifique intermittent incorporant certaines des techniques de karaté les plus utilisés à savoir avec le membre supérieur avancé (kizami-tsuki) suivi d'un coup de pied circulaire arrière (Mawashi-Geri), suivi d'un coup de poing de poing direct arrière, (Gyaku-tsuki) et d'un coup de pied circulaire avec la jambe avancée (Kiza-Mawashi-Geri). L'enchaînement est réalisé contre un sac de frappe lourd, suspendu à un support. Ce test représente le premier test d'évaluation spécifique visant la mesure de la performance aérobie des karatékas. Nunan (2006) a rapporté que ce test est très fiable avec une corrélation significative entre le temps d'épuisement (soit la durée totale d'un essai pour chaque athlète) par rapport au pic de VO_2 .

Chaabène et coll., (2012) ont étudié la fiabilité et la validité du même test dans un plus grand échantillon. Ils ont révélé que le Karate Spécifique Aérobie Test (KSAT) fournit une excellente fiabilité. En outre, le KSAT peut effectivement distinguer les karatékas de différents niveaux compétitifs.

Récemment, Tabben et coll. (2014) ont proposé une version modifiée du KSAT sur la base des récentes conclusions concernant l'analyse de l'activité kumite et a étudié sa validité et sa fiabilité. Le nouveau test comprend deux combinaisons de coups de poings : kizami-Gyaku-tsuki et mawashi-geri-chudan.

Les résultats de cette enquête ont révélé que la nouvelle version du KSAT était fiable et que les valeurs de la consommation d'oxygène (VO_2) enregistrées étaient significativement corrélées à celles établies à partir du test de laboratoire sur ergomètre ($r = 0,81$). Les auteurs ont signalé, en outre, que le temps de d'épuisement au cours de la nouvelle version KSAT affiche une très grande corrélation avec la $\dot{V}O_{2max}$ ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$) évaluée en laboratoire. Les auteurs ont conclu que l'utilisation de la nouvelle version KSAT permet l'association des aspects technico-tactiques et physiques du processus d'entraînement en karaté. De plus, l'utilisation de la nouvelle version KSAT en plus d'un test de laboratoire sur tapis roulant fournirait une meilleure mesure du niveau de la condition physique individuelle d'un karatéka. Ainsi, ce test peut être utilisé de façon régulière afin de concevoir un entraînement « rationnel » visant l'optimisation de la forme sportive du karatéka.

1.5.2.5.2. Test anaérobie (le SKFT)

La contribution des sources d'énergie anaérobies, à savoir le système ATP-CP, pendant les périodes d'attaque et/ou de défense de haute intensité a été bien documenté (Doria et coll., 2009 ; Lide et coll., 2008 ; Beneke et coll., 2004). Toutefois, très peu de recherche en karaté parle de test spécifique à l'évaluation du profil anaérobie des pratiquants de karaté.

Michielon et coll. (2006) ont conçu un test spécifique d'évaluation de cette capacité en karaté en s'inspirant d'un test bien connu de judo « le Special Judo Fitness Test (SJFT) » (Franchini et coll., 1998 ; Franchini et coll., 1998a ; Sterkowicz, 1996). Ces auteurs ont suivi exactement la même classification temporelle du SJFT (15s d'effort / 10s de repos ; 30s d'effort / 10s de repos répétées deux fois) et ont introduit quelques modifications liées aux techniques effectuées pendant le test. Au lieu d'exécuter Ippon Seoi Nage une technique propre au judo, les pratiquants de karaté effectuaient un Sanbon tsuki. Les auteurs ont suivi l'activité de la fréquence cardiaque pendant et après la fin des essais (les valeurs de la fréquence cardiaque immédiatement à la fin (FCF) et après 1 minute (FC1') ont été enregistrées). L'indice de special Karate Fitness Test (SKFT) a été ensuite calculé comme suit : $\text{indice de SKFT} = (\text{FCF} + \text{FC1}') \times \text{TC} - 1$ avec TC se référant au totale de combinaisons techniques réalisées au cours de l'ensemble du test. En outre, les mêmes participants ont participé à un combat simulé de karaté et la fréquence cardiaque de chaque athlète a été contrôlée. Les auteurs ont rapporté une différence significative entre le groupe de karatékas ayant des ceintures noir et marron (index SKFT plus élevé) et le groupe de karatékas ayant des ceintures blanches à la ceinture bleue (indice SKFT inférieure) indiquant que ce test peut faire la distinction entre les karatékas de différents niveaux compétitifs. Toutefois, les auteurs n'enregistrent aucune différence significative entre la fréquence cardiaque enregistrée lors du test par rapport à celle enregistrée lors du combat de simulation et ont conclu que le SKFT est un protocole valide pour évaluer le niveau anaérobie de karatékas spécialistes en kumite. Cependant, et selon ces auteurs de futures investigations approuvant ces résultats sont strictement nécessaires.

1.5.2.5.3. Test d'habileté motrice

Vitesse, agilité et coordination sont quelques exemples de capacité motrice jouant un rôle important dans la préparation et l'entraînement des karatékas. Sertić et coll., (2011) ont essayé de construire et de valider un nouveau protocole visant à évaluer l'agilité spécifique au karaté. Il se compose de deux lignes parallèles au sol d'un mètre de long, distante de deux mètres l'une de l'autre. Le karatéka se tient en position de combat de karaté (fudo dachi, jambes légèrement fléchies avec les pieds dans une position diagonale, en position de garde, un bras en

face de l'épaule et l'autre bras à côté de la ceinture à l'avant de la première ligne). Au signal de départ, le karatéka se déplace aussi vite que possible dans un mouvement de déplacement (sori ashi), sans croiser les jambes, se déplaçant vers la deuxième ligne. Quand il marche sur la ligne avec la jambe avant ou la traverse, il arrête, tourne à 180 degrés et retourne à la première ligne de la même manière pour aussi marcher dessus avec son pied avant ou la traverser. Le mouvement est répété six fois et la durée totale de l'essai a été enregistrée. Les auteurs ont montré que le nouveau test d'agilité est très fiable et sensible ayant une forte corrélation avec des tests similaires qui visaient à évaluer l'agilité sans fournir de détails sur ces tests.

Blazevic et coll., (2006) ont étudié l'effet des capacités motrices sur les performances en karaté sur 85 karatékas âgés entre 18 et 29 ans. Ils ont utilisé plusieurs tests spécifiques de karaté : (1) la performance en matière de vitesse de la technique de blocage gedan barai (cela consiste à effectuer le plus de blocages possible en 30 secondes à partir de la posture initiale de combat). (2) La performance en matière de vitesse de blocage et de coup de poing comme technique combinée (cela consiste à effectuer une combinaison de gedan barai-gyaku tsuki cinq fois consécutivement à une vitesse maximale contre un makiwara mural ou un tapis de gymnastique placé verticalement). (3) La performance en matière de vitesse de coup de pied mawashi geri (cela consiste à effectuer le plus grand nombre de coup de pied mawashi geri contre un sac de frappe pendant 30 secondes à partir de la posture initiale de combat). (4) esquives en position de garde. (5) Vitesse de déplacement dans un triangle, (cela consiste à se déplacer aussi vite que possible en position de garde le long des côtés d'un triangle équilatéral de 3 m de dimensions, tracé sur le sol. Le sujet se déplace rapidement le long du côté d'un sommet à l'autre sommet, contournant un médecine-ball placé là, puis revient en arrière latéralement vers le troisième sommet, contournant encore une fois un médecine-ball, et enfin se déplace latéralement vers le sommet initial. Puis il devait revenir latéralement, en avant et à la position de départ). (6) Des tests d'efficacité technique (7) techniques de karaté évaluées subjectivement par quatre experts de karaté : gyaku tsuki, kizami tsuki, ushiro mawashi geri et mawashi geri, ainsi que des combinaisons de techniques gyaku tsuki - mawashi geri, gyaku tsuki - uraken uchi, ashi barai - ushiro mawashi geri et kizami tsuki - gyaku tsuki). Et (8) l'efficacité au combat (moyenne de tous les résultats compétitifs obtenus aux championnats du monde, coupes du monde, championnats d'Europe et les championnats nationaux). Les principaux résultats de cette étude ont montré que les meilleurs prédicteurs de l'efficacité technique étaient la vitesse de blocage suivie de la vitesse de déplacement dans des directions multiples et de la fréquence des coups de pieds. Cependant, la vitesse de déplacement dans de

multiples directions suivie de la vitesse de blocage, et de la fréquence des coups de pieds étaient les meilleurs prédicteurs de l'efficacité au combat.

Katić et coll., (2009) ont étudié l'effet de la motricité spécifique du karaté sur la performance des jeunes pratiquants de karaté (âgés entre 11 et 14 ans) en utilisant les mêmes tests spécifiques de capacités motrices telles que décrites précédemment dans la recherche citée ci-dessus. Les auteurs ont évalué l'efficacité de combat en utilisant trois tests : (1) l'efficacité technique 1 (six techniques de karaté subjectivement évalués par trois experts de karaté : gyaku tsuki, kizami tsuki et mawashi geri, ainsi que des combinaisons techniques : gyaku tsuki-mawashi geri, gyaku tsuki-uraken et kizami tsuki-gyaku tsuki). (2) l'efficacité technique 2 (Deux KATA subjectivement évaluée par trois juges). Et (3) l'efficacité au combat (déterminée sur la base des résultats de compétitions obtenus aux championnats nationaux de karaté U16. Les résultats de cette enquête ont révélé que les karatékas âgés entre 13 et 14 ans présentaient une performance plus élevée en matière d'agilité « spécifique » par rapport aux karatékas âgés entre 11 et 12 ans. En outre, ils ont indiqué que les tests de capacité spécifiques (à savoir, l'esquive, les déplacements dans le triangle, les techniques gedan barai et mawashi-geri) prédisent efficacement l'efficacité technique des jeunes karatékas. Aussi, les auteurs ont rapporté que la performance en matière de vitesse de la combinaison blocage-coup de poing (gedan barai-gyaku tsuki) était le meilleur prédicteur de l'efficacité technique chez les karatékas de 13-14 ans. Chez le plus jeune groupe (âgés de 11 à 12 ans) la vitesse d'exécution de la technique de blocage gedan barai était fortement corrélée à l'efficacité technique. En ce qui concerne l'efficacité au combat, la vitesse d'exécution du blocage gedan barai en termes de fréquence était le prédicteur le plus important chez l'ensemble de l'échantillon, et particulièrement chez les karatekas âgés entre de 11 à 12 ans alors que la vitesse d'exécution de la combinaison gedan barai - gyaku tsuki (blocage - coup de poing) était le meilleur prédicteur de l'efficacité au combat chez les karatékas âgés de 13 à 14 ans. Dans le groupe des karatékas âgés de 11 à 12 ans, la technique gyaku tsuki était le meilleur prédicteur de l'efficacité au combat, tandis que pour le groupe de karatékas âgés de 13 à 14 ans, les coups de pied de karaté réalisés en combinaison, à savoir gyaku tsuki-mawashi geri, étaient les prédicteurs les plus importants de l'efficacité au combat.

Katić et coll., (2010) ont utilisé les mêmes tests de motricité spécifiques au karaté comme précédemment décrit dans l'étude de Blazevic et coll., (2006). En plus de cela ils ont utilisé des tests de force explosive (saut en longueur sans élan, saut en hauteur sans élan, et le lancer de médecine-ball), de fréquence de mouvement (Test de frappe des plaques) ainsi que des tests de coordination et d'équilibre (debout sur banc transversal avec les yeux fermés). Les résultats de

cette recherche ont fait remarquer qu'il existait une forte corrélation entre les techniques de karaté et la force explosive suivie par la coordination soulignant l'importance de ces paramètres dans la préparation physique en karaté. Pour ces auteurs, d'autres recherches seraient nécessaires, en particulier ceux dirigés vers la création et la validation d'une batterie de tests physiques spécifiques associant à la fois les techniques de membres supérieures et inférieures de karaté à la force explosive et à la coordination.

1.6. Contrôle de la charge d'entraînement en karaté

Le contrôle à la fois des charges d'entraînement et de compétition est reconnu comme indicateur fondamental du suivi de la performance. Pour cette raison, les méthodes de contrôle appropriées jouent un rôle important dans le développement des performances des karatékas. Afin de mettre en place un programme d'entraînement spécifique visant à développer, à la fois le métabolisme aérobie et anaérobie, il est primordial de souligner les méthodes habituellement utilisées pour la quantification de la charge d'entraînement. Dans le but d'obtenir les meilleures performances, déterminer une charge d'entraînement optimale est nécessaire en fonction de la spécificité de cet art martial. En fait, le contrôle et le suivi de la charge d'entraînement est d'une importance capitale car elle rend les entraîneurs et les experts scientifiques conscients de savoir si l'athlète s'est adapté de manière adéquate à certains niveaux d'effort et fournit donc l'occasion pour eux d'adapter les stimuli d'entraînement pour optimiser les adaptations physiques et physiologiques de l'athlète à l'exercice (Borresen et coll., 2009).

Lors du contrôle de la charge de la formation, les unités de charge peuvent être considérées comme étant soit externe ou interne (Halson, 2014). Bien que la charge externe soit définie comme le travail réalisé par l'athlète, mesurée indépendamment de ses caractéristiques internes (Halson, 2014), la charge interne est reconnue comme étant le stress physiologique imposé à l'athlète et sa capacité à y faire face (Impellizzeri et coll., 2004). Bien que la charge externe soit l'un des principaux facteurs de la quantification de la charge interne de l'entraînement, d'autres facteurs tels que le niveau de préparation physique et les facteurs génétiques, influencent significativement la réponse à l'entraînement sportif. Ainsi, le contrôle du processus d'entraînement physique nécessite la mesure de la charge interne de l'entraînement (Impellizzeri et coll., 2005).

1.6.1. Méthodes de quantification de la charge d'entraînement

Les nombreuses études scientifiques qui ont été conduites sur la quantification des charges d'entraînement assimilent toutes l'athlète à un système ouvert dont les entrées (charges

d'entraînement et les sorties (réponses biologiques de l'organisme) sont reliées par une ou plusieurs fonctions antagonistes de type $F(t) = a \cdot e^{-1/\tau}$ où a est une constante et τ est une constante de temps. Les fonctions de signe positif sont associées au niveau d'aptitude physique de l'athlète et celle de signe négatif à son niveau de fatigue. La différence entre ces deux fonctions antagonistes détermine le niveau de performance du sportif (Grappe, 2009).

1.6.2. Quantification de la charge d'entraînement

Selon Grappe (2009) plusieurs équipes de recherche ont ainsi appliqué ce modèle de système ouvert pour analyser les relations entre les données de l'entraînement et les variations de performances dans les disciplines d'endurance, en natation, au marathon au ski de fond et en triathlon. D'autres modélisations ont été proposées dans des sports à dominante force, en haltérophilie et au lancer du marteau. Ces différentes modélisations quantifiaient la charge d'entraînement à partir de l'intensité et la durée de l'exercice. Ces études utilisent comme variables quantitatives pour le calcul de la charge de travail : 1) le volume d'entraînement effectué, estimé à partir d'une quantification horaire ou kilométrique, et 2) l'intensité de l'entraînement estimée à partir de la nature de l'exercice, du taux d'acide lactique, de la consommation de l'oxygène ou de la fréquence cardiaque. La quantification de la charge d'entraînement à partir de la perception de la difficulté de l'exercice a également été proposée.

Au regard de la littérature, il existe différentes méthodes permettant d'évaluer la charge d'entraînement ou charge de travail : les méthodes subjectives, les méthodes objectives et les méthodes mixtes.

1.6.2.1. La méthode subjective

1.6.2.1.1. La méthode de Borg (1970)

Cette quantification repose sur la notation des ressentis à l'effort sur une échelle constituée de vingt degrés, eux-mêmes répertoriés sous forme de mots clés (Biéchy, 2012). Partant de l'hypothèse selon laquelle la perception de la difficulté de l'exercice (pénibilité) est proportionnelle à la fréquence cardiaque et à la lactatémie, Borg a mis au point une correspondance de la fréquence cardiaque allant de 6 à 20 ; il suffit de multiplier par 10 l'indice donné par l'échelle et désigné par le sportif en fonction de la pénibilité ressentie en effectuant l'exercice, pour retrouver sa valeur de fréquence cardiaque (en batt/min).

Par la suite, Borg a modifié son échelle, appelée Rating of Perceived Exertion (RPE), pour atteindre aujourd'hui quinze degrés de difficultés répartis en fonction de sept expressions

nommées, délaissant ainsi la correspondance cardiaque au profit du pur ressenti interne comme indicateur d'intensité d'exercice.

1.6.2.2. Les méthodes mixtes

Différents modèles de méthodes mixtes existent, regroupant une quantification basée sur des mesures de paramètres objectifs croisés à des paramètres subjectifs.

1.6.2.2.1. La méthode de Foster (1998)

Afin de mesurer la charge d'entraînement, Foster a repris la RPE remaniée de Borg, comprenant dix indices de mesures subjectives en fonction du ressenti de la difficulté de l'exercice. La charge de travail de l'athlète correspond alors au produit de l'indice par le temps de pratique en minutes. Selon Biéchy (2012), l'avantage de cette méthode est de pouvoir être utilisable dans la plupart des activités sportives. De plus, Foster, grâce à cette méthode a rapporté un index de variabilité de l'entraînement avec la charge de ce dernier, permettant ainsi d'évaluer de surentraînement de l'athlète, nommé « monotonie de l'entraînement ».

De même, il a aussi évalué la contrainte de l'entraînement comme la charge d'entraînement totale hebdomadaire multipliée par l'index de monotonie de la semaine (Biéchy, 2012), permettant de déterminer des périodes de surentraînement (Grappe, 2009).

1.6.2.2.2. La méthode de Mercier (1995)

À l'identique du modèle de Foster, la méthode de Mercier utilise également la RPE de Borg. Par contre, elle ne prend pas en compte la durée mais la distance parcourue durant la séance d'entraînement. Dès lors la charge de travail correspond au produit de la distance (en kilomètre) par la RPE.

1.6.2.2.3. La méthode de Grappe et coll. (1999)

Comme toutes les méthodes mixtes permettant de mesurer la charge de travail, le modèle de Grappe et coll., utilisé en cyclisme reprend l'idée de Borg basée sur l'évaluation des ressentis de l'exercice, en la corrélant à sept zones d'intensité spécifiques. Ce modèle appelé Estimation Subjective de l'Intensité de l'Exercice (échelle ESIE) permet de calculer la charge de travail, qui est la résultante de la durée de l'exercice (temps en minutes) et de l'intensité ressentie par l'athlète traduite en puissance arbitraire (Biéchy, 2012).

1.6.2.3. Les méthodes objectives

1.6.2.3.1. La méthode de Calvert et coll. (1976)

Principalement utilisée en natation, cette méthode se propose d'attribuer des coefficients d'effort rapportés par cent mètres de nage réalisés en fonction de trois niveaux d'intensité. Il s'agit de calculer la charge d'entraînement en additionnant des Unités Arbitraires d'Entraînement ou Arbitrary Training Units.

1.6.2.3.2. La méthode de Banister et coll. (1975)

Ces derniers ont quantifié la charge d'entraînement en l'exprimant par une unité arbitraire de quantification : les Unités d'Impulsion d'Entraînement ou Training Impulse (TRIMP).

La quantification de la charge de travail est réalisée en prenant en compte divers paramètres :

- La durée de l'effort, ce qui correspond au volume de séance réalisée ;
- L'intensité de la séance en recueillant les données concernant la fréquence cardiaque maximale, la fréquence cardiaque de repos, et la fréquence cardiaque à l'exercice sur laquelle est appliqué un coefficient de pondération.

1.6.2.3.3. La méthode d'Edward (1993)

Cette méthode reprend l'idée de TRIMPs, mais en les calculant dans chaque zone d'intensité travaillée. Pour ce faire Edward met en correspondance cinq zones de la fréquence cardiaque avec un coefficient d'effort qu'il multiplie par le temps d'exercice réalisé dans chaque zone, obtenant ainsi une quantification de la charge d'entraînement de la séance. Chaque zone correspondant à un intervalle de pourcentage de la FCmax.

1.6.2.3.4. La méthode de « EPOC »

L'entreprise Firstbeat Technologies Ltd a développé un logiciel mesurant la dette d'oxygène au cours de l'effort. Cette dette d'oxygène à l'exercice ou Excess Post-Exercice Oxygen Consumption (EPOC) mesure « le volume d'oxygène supplémentaire dont le corps a besoin pour récupérer après une activité physique. Plus l'EPOC est élevé plus l'activité est intense ».

Ce logiciel a été développé pour permettre aux athlètes d'avoir une lecture en instantané de la charge de l'exercice physique réalisé par l'intermédiaire d'une montre ordinateur de poignet. Cela permet de prévoir l'EPOC déjà au cours de l'activité physique qui, à son tour, permet de gérer la charge d'exercice et l'effet d'entraînement. La charge de travail n'est alors plus quantifiée en termes de zone d'intensité mesurée mais en termes de charge totale d'entraînement.

L'objectif d'entraînement est alors à atteindre une fois au cours de la séance d'entraînement. Il ne s'agit donc plus de maintenir la fréquence cardiaque dans une zone précise pendant une durée de l'entraînement. Cette méthode prend en compte l'état général de l'athlète.

1.6.3. Quantification de la Charge d'entraînement et de compétition en karaté

La RPE a été fréquemment utilisée dans de nombreuses enquêtes liées à la pratique du karaté (Padulo et coll., 2014 ; Imamura et coll., 1997). Imamura et coll., (1997) ont évalué les réponses perceptives de karatékas masculins hautement qualifiés et des débutants après avoir effectué 1.000 coups de poing et 1000 coups de pied. Les résultats relatifs aux scores RPE obtenus immédiatement après 1000 coups de poing des karatékas hautement qualifiés et les novices étaient de $12,2 \pm 1,2$ et $12,8 \pm 1,2$ respectivement. En ce qui concerne l'exécution des 1000 coups de pied, les scores RPE enregistrés étaient de $14,2 \pm 1,2$ et $16,3 \pm 1,5$ pour les athlètes qualifiés et débutants, respectivement. Alors que, les scores RPE donnés par les entraîneurs ($14,8 \pm 1,8$ et $16,7 \pm 1,7$ après 1000 coups de poing et 1000 coups de pied, respectivement) étaient significativement plus élevés que ceux obtenus chez les athlètes. Cette étude permet aux entraîneurs de régler l'intensité du travail pour atteindre le score ciblé.

Dans une autre étude, Imamura et coll., (2003) ont révélé que les scores RPE étaient de $11,3 \pm 0,8$ et $15,7 \pm 1,0$ pour 1000 coups de poing et 1000 coups de pied, respectivement, chez six pratiquantes de karaté de ceinture noire. Les scores recueillis suggèrent que la réalisation de 1000 coups de poing et 1000 coups de pied peut être classés comme effort léger et effort dur, respectivement (American College of Sports Medicine, 1998), conformément à l'échelle de Borg.

Milanez et coll., (2012) ont étudié la relation entre l'ensemble de la session RPE (RPE-S) et des marqueurs physiologiques de l'intensité de l'exercice au cours d'une session d'entraînement de karaté. Dans cette étude, huit athlètes de karaté bien entraînés ont réalisé une session unique d'entraînement impliquant des techniques de base de karaté et des sparrings. La RPE a été prise chaque 10 min lors de l'exercice en utilisant l'échelle de Borg allant de 6-20. En outre, l'échelle modifiée CR10 de Borg a été utilisée pour quantifier l'exercice 30min après sa réalisation. Les résultats montrent une relation significative ($p < 0,05$) entre RPE-S et la moyenne de concentration de lactate ($r = 0,96$), le pourcentage de la fréquence cardiaque maximale ($r = 0,91$), le pourcentage de la fréquence cardiaque de repos ($r = 0,87$) et la RPE ($r = 0,78$) de toute la session. Tandis que, il n'y avait pas de relation significative entre RPE-S et la durée du sparring ($r = -0,28$, $p > 0,05$).

En outre, Milanez et coll., (2012a) ont calculé l'unité d'impulsion ou training impulse (TRIMP) selon la méthode de Banister, d'Edwards, de Lucia, le Stagno TRIMP et le Lac TRIMP lors d'une session d'entraînement de karaté chez huit athlètes de karaté Shotokan, des deux sexes, dans le but d'étudier leur relation avec la RPE de la session. Les résultats ont mis en évidence une corrélation significative ($p < 0,05$) entre la session-RPE et BanisterTRIMP (r

= 0,79), Edward ($r = 0,81$), LuciaTRIMP ($r = 0,71$), StagnoTRIMP ($r = 0,71$) et LacTRIMP ($r = 0,91$). L'analyse de corrélation a montré des variations partagées de 66%, 51%, 82%, 62% et 51% entre la session-RPE et EdwardsTL, LuciaTRIMP, LacTRIMP, BanisterTRIMP, méthodes StagnoTRIMP, respectivement. Ainsi, les résultats de cette étude suggèrent que la RPE peut être considérée comme une méthode efficace et valide pour quantifier la charge d'entraînement en karaté shotokan.

En ce qui concerne les réponses perceptives chez les jeunes athlètes de karaté, Padulo et coll., (2014) ont utilisé la méthode de Foster à base de RPE pour quantifier la charge interne d'entraînement au cours de sessions d'entraînement (à savoir, 5 jours consécutifs avec deux séances d'entraînement par jour) chez onze jeunes karatékas. Les principales conclusions de l'étude ont montré une corrélation significative ($p < 0,001$) entre RPE et les deux méthodes objectives (à savoir, méthodes d'Edward et de Banister) basés sur la réponse des fréquences cardiaques à l'exercice. Les valeurs de coefficient de corrélation (r) enregistrées : 0,84 à 0,92 et de 0,84 à 0,97 pour la méthode d'Edward et la méthode de Banister, respectivement. Ainsi, il a été confirmé que la RPE peut être utilisé comme une alternative valable pour la quantification des charges d'entraînement pendant la préparation physique spécifique en karaté et les exercices techniques et/ou tactiques chez les jeunes pratiquants.

De même que son utilisation au cours des programmes d'entraînement, la RPE a été également utilisée pour quantifier les charges de compétition en karaté. Tabben et coll., (2013) ont montré qu'il y avait une corrélation significative entre la RPE et certains marqueurs physiologiques tels que la fréquence cardiaque de repos ($r = 0,60$; $p = 0,004$), la fréquence cardiaque moyenne ($r = 0,64$; $p = 0,02$) et la concentration de lactate ($r = 0,81$; $p < 0,001$). Dans la même étude, les auteurs ont évalué la relation entre la méthode subjective (RPE) et les deux méthodes objectives basées sur la mesure de la fréquence cardiaque. Ils ont montré qu'il y avait de fortes corrélations entre la méthode RPE et les deux méthodes objectives ($r = 0,84$ et $r = 0,95$ pour la méthode de Banister et la méthode d'Edward, respectivement). Selon les auteurs, les valeurs des corrélations entre la méthode RPE et les méthodes basées sur la fréquence cardiaque étaient conformes à l'étude de Haddad et coll., (2011) menée sur des pratiquants de Taekwondo (c.-à-d. concernant la méthode de Banister, les valeurs de r variaient entre 0,56 et 0,90 ; et pour la méthode d'Edward, les valeurs de r variaient entre 0,55 et 0,86). Les auteurs ont conclu que la méthode RPE est une méthode valable pour quantifier la charge interne et l'intensité de la compétition en karaté kumite.

Chapitre II

Moyens et Méthodes de la Recherche

2.1. Sujets

71 karatékas représentant quatre catégories ont pris part à cette étude. 16 minimes (âge : $12,8 \pm 0,14$ ans ; poids : $42,51 \pm 2,31$ kg ; taille : $156,25 \pm 2,53$ cm). 28 cadets répartis en deux groupes de 20 garçons (âge : $14,6 \pm 0,11$ ans ; poids : $52,47 \pm 1,92$ kg ; taille : $162,75 \pm 1,26$ cm) et de 08 filles (âge : $14,2 \pm 0,12$ ans ; poids : $48,43 \pm 3,10$ kg ; taille : $154,75 \pm 2,76$ cm). 12 juniors (âge : $16,5 \pm 0,15$ ans ; poids : $58,89 \pm 1,56$ kg ; taille $171,67 \pm 1,81$ cm) et 15 séniors (âge : $21,5 \pm 1,20$ ans ; poids : $68,87 \pm 2,81$ kg ; taille : $172,8 \pm 2,20$ cm). Tous les athlètes s'entraînent à raison de 03 à 05 fois par semaine avec un vécu sportif de plus de 04 ans, ayant un niveau national. Ils ne présentent aucune pathologie, notamment respiratoire, cardiovasculaire, hépatique et rénale. Tous ces athlètes ont participé aux quatre sessions de tests conformément au protocole expérimental décrit ci-dessous.

2.2. Matériel

Pour réaliser notre étude, nous avons utilisé :

Une batterie de 16 tests de terrain incluant des tests Eurofit et des tests spécifiques à la discipline ;

Une balance électronique pour la pesée du poids ;

Une toise pour la mesure de la stature et pour le test de détente verticale (Sargent test) ;

Un chronomètre pour les tests de vitesse, redressement du tronc (Sit ups), course 10 x 5 m navette, 300 m navette, Course 7 min, l'équilibre et les tests spécifiques ;

Un décamètre pour l'évaluation de la longueur du saut horizontal ;

Un medecine-ball de 3 kg ;

Une caisse spéciale pour le test de flexion du tronc station assise (Sit and Reach) ;

Des plots pour déterminer les distances dans les tests de vitesse et des courses navettes ;

Un ordinateur portable pour donner les signaux conformément à la bande sonore dans le test de course de 20 m navette (Luc-Léger) ;

Une table de calcul de la VO_{2max} ;

Un sifflet pour donner le signal pour les tests de distance tels que les différentes courses de vitesse, le test 10 x 5 m navette, et le 20 m navette (Luc-Léger).

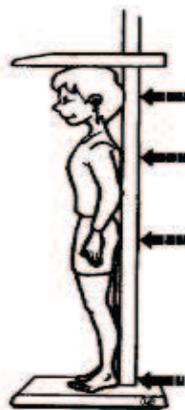
Deux poutres pour la réalisation du test Flamingo

2.3. Tests d'évaluation

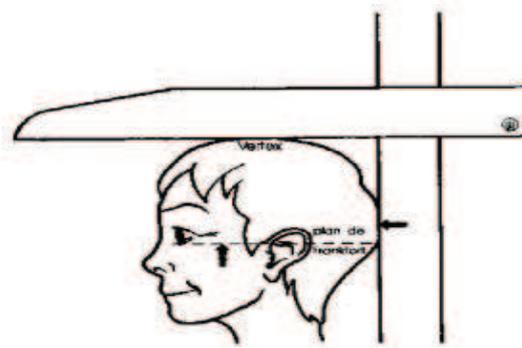
2.3.1. Mesures anthropométriques

2.3.1.1. La taille

La taille debout est mesurée sur le sujet se tenant debout, les talons, les fesses, le dos et l'arrière de la tête touchant une surface verticale. La tête est orientée de sorte que le bord supérieur du méat de l'oreille externe et le bord inférieur de l'orbite se situent sur un plan horizontal (plan de Frankfort). Les talons sont joints sur la planche ou le sol. La mesure est exprimée en centimètres (cm).



Taille debout



Tête placée dans le plan de Frankfort

2.3.1.2. Le poids

L'athlète portant le minimum de vêtements (slip pour les garçons, slip et soutien-gorge ou singlet de corps pour les filles) ou en tenue de sport : maillot, short, sans chaussures, se situe debout au centre de la plate-forme du pèse-personne. Le poids est enregistré en kilogrammes (kg).



2.3.1.3. L'indice de masse corporelle (IMC ou BMI)

L'indice de masse corporelle (IMC) est une estimation de la quantité de masse grasse de l'organisme à partir des données poids et taille. Mathématiquement, l'IMC est le rapport du poids (en Kg) sur le carré de la taille (en mètre).

2.3.2. La batterie de tests Eurofit

Dans la littérature sportive, le test remplit la fonction de diagnostic. Il permet d'évaluer le niveau de développement de certaines qualités physiques, physiologiques ou psychiques que l'on cherche à mettre en évidence. Ainsi, par le biais d'un test, on peut comparer les athlètes entre eux ou établir les classements en vue de leur utilisation ultérieure.

Les travaux réalisés par Simons et coll. (1969) sont eux-mêmes à l'origine de la Batterie proposée par le Conseil de l'Europe ou Batterie Eurofit. Après une longue gestation débutée à l'INSEP en 1978, le contenu définitif de la batterie Eurofit fut arrêté en 1985 à Formia (Italie). Cette batterie comprend plusieurs tests. Dans cette étude nous avons utilisé les tests suivants :

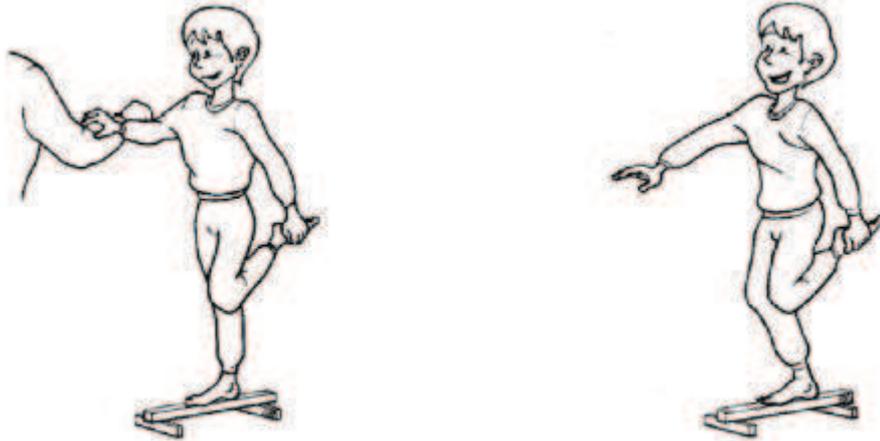
2.3.2.1. Le test Flamingo

L'objectif de ce test est l'évaluation de l'équilibre général du sportif. Il s'agit de rester debout sur un pied nu sur une poutre de 50 cm de long, de 4 cm de haut et de 3 cm de large recouverte de moquette (épaisseur maximale de 5 mm) ; bien fixée à la poutre. La stabilité en est assurée par deux supports de 15 cm de long, de 2 cm de large et de 6 cm de haut.

Le sujet doit se mettre debout sur son pied de prédilection, sur l'axe longitudinal de la poutre et essaye de garder son équilibre aussi longtemps que possible. Il fléchit la jambe libre et saisit le dos du pied avec la main du même côté en imitant la position du flamant rose. Au départ l'équilibre est maintenu grâce à l'autre bras en s'aidant d'un appui. Le test commence lorsque cet appui cesse. Le sportif doit essayer de garder l'équilibre dans cette position pendant une minute. Le test est interrompu à chaque perte d'équilibre (par exemple si la main laisse échapper le pied) ou si une partie quelconque du corps entre en contact avec le sol. Après chaque interruption, nouveau départ jusqu'à ce qu'une minute soit écoulée.

On comptabilise le nombre d'essais nécessaires au sujet pour arriver à garder l'équilibre pendant une minute.

Si le sujet testé s'interrompt 15 fois pendant les 30 premières secondes, le test est considéré comme terminé et le sujet obtient 30, ce qui signifie qu'il n'est pas capable d'effectuer le test. Si le sujet ne commet aucune faute pendant l'exécution du test son score sera de 1.



2.3.2.2. SAR Test (Flexion avant du tronc en position assise)

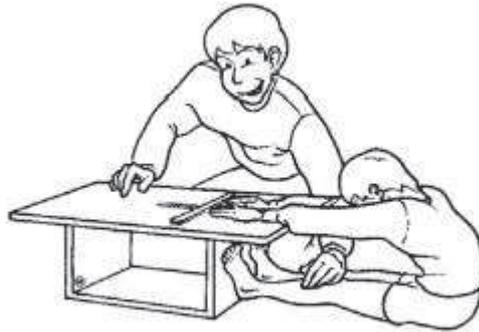
L'objectif de ce test est l'évaluation de la souplesse de la chaîne postérieure.

Il s'agit de fléchir le tronc en avant, en position assise, le plus loin possible. Pour cela un matériel dédié est nécessaire. Il s'agit d'une table de test ou d'une caisse aux mesures suivantes : longueur 35 cm ; largeur 45 cm ; hauteur 32 cm. Les mesures de la plaque supérieure sont : longueur 55 cm ; largeur 45 cm. Cette plaque dépasse de 15 cm le côté supportant les pieds. Une échelle de 0 à 50 cm est dessinée au centre de la plaque supérieure. Il est indispensable de disposer d'une règle d'environ 30 cm, à placer sur la caisse, que le sujet peut déplacer avec les doigts.

Le sujet doit placer ses pieds nus et joints verticalement contre la caisse, le bout des doigts au bord de la plaque horizontale, en contact avec la règle, avant de pencher le tronc le plus loin en avant.

Le résultat est déterminé d'après la position la plus avancée que le sujet peut atteindre sur l'échelle avec le bout des doigts. Lorsque les doigts des deux mains n'atteignent pas une position analogue, on enregistrera la distance moyenne du bout des deux doigts.

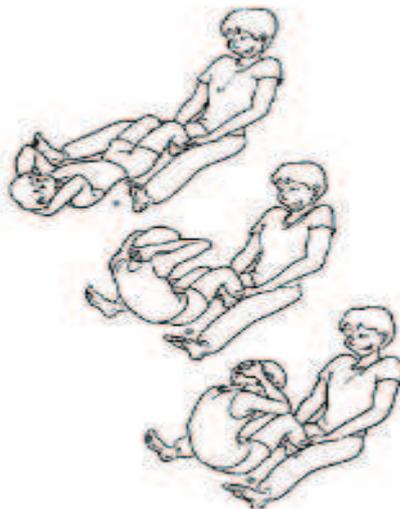
Le sujet doit effectuer lentement et progressivement sans aucun mouvement saccadé, deux essais successifs. On inscrit le meilleur résultat obtenu. Ex : un sujet atteignant ses orteils obtient 15. Un autre, dépassant ce niveau de 2 cm obtiendra 17.



2.3.2.3. SUP Test (redressement station assise)

L'objectif du test est l'évaluation de l'endurance-force des muscles antérieurs du tronc.

Le test consiste à effectuer, en 30 secondes, un nombre maximum de redressement en position assise comme illustré à la figure ci-dessous.

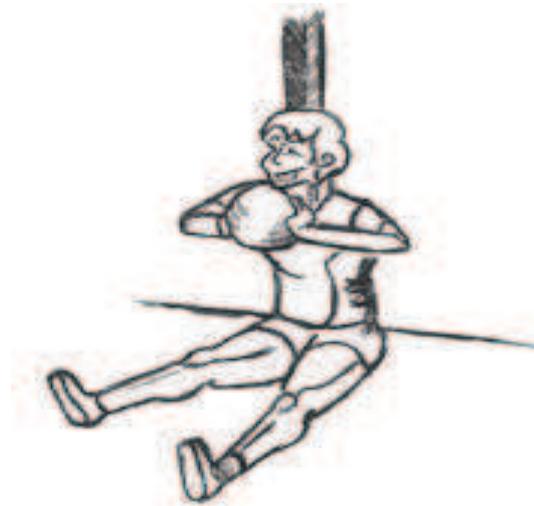


2.3.2.4. Lancer de medecine-ball

Le test évalue la force explosive des membres supérieurs.

Il s'agit de lancer un medecine-ball de 3 kg le plus loin possible en étant assis et adossé à un support étroit (poteau) afin que les coudes dépassent le plan du dos lors de la première phase du mouvement. Le contact de l'entièreté du dos doit être maintenu pendant le lancer.

La distance entre le bas du poteau et l'impact du medecine-ball sur le sol est mesurée en mètres et en centimètres. On note la valeur la plus élevée de 02 essais.



2.3.2.5. Sargent Test (saut en hauteur sans élan)

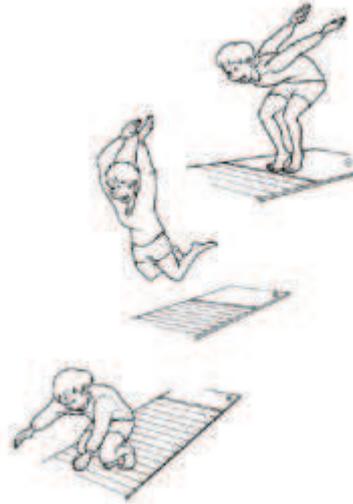
L'objectif du test est d'évaluer la force explosive des membres inférieurs

Se positionner à 30cm d'un mur, pieds joints, talons au sol, l'extrémité des doigts enduite de craie. Avec le bras en extension faire une première marque sur le mur. En prenant une impulsion, sauter le plus haut possible et avec le bras en extension faire une deuxième marque, Réaliser deux sauts (repos de 1mn entre chaque) et garder la meilleure hauteur.



2.3.2.6. Saut en longueur sans élan

Le test évalue la force explosive des membres inférieurs. Les sujets sautent aussi loin que possible sans élan. Ils n'ont pas le droit de dépasser la ligne de départ et ont deux essais. L'évaluateur retient le meilleur score.

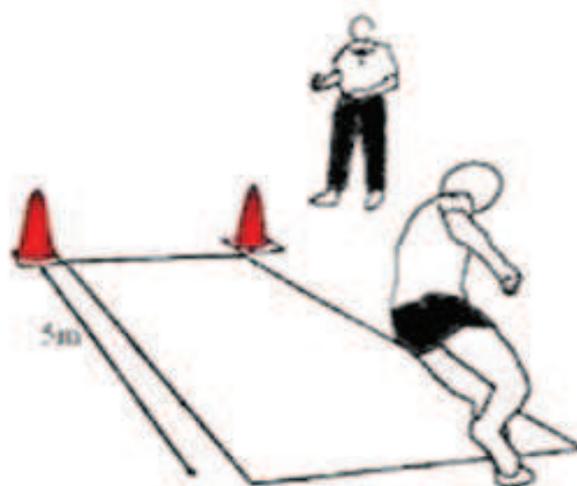


2.3.2.7. Test Navette 10 × 5m

L'objectif du test est l'évaluation des qualités de vitesse-coordination.

Le principe est de faire 10 trajets à vitesse maximale entre 2 lignes espacées de 5 mètres. Un seul essai est réalisé.

Se positionner derrière la ligne, un pied juste derrière celle-ci. Les 2 pieds doivent franchir systématiquement la ligne. Le temps calculé est celui prélevé à l'issue des 10 trajets.



2.3.2.8. Maximum de pompes

Le test a pour objectif l'évaluation de l'endurance-force des membres supérieurs.
Il s'agit d'effectuer le plus de pompes possible en 30 secondes.

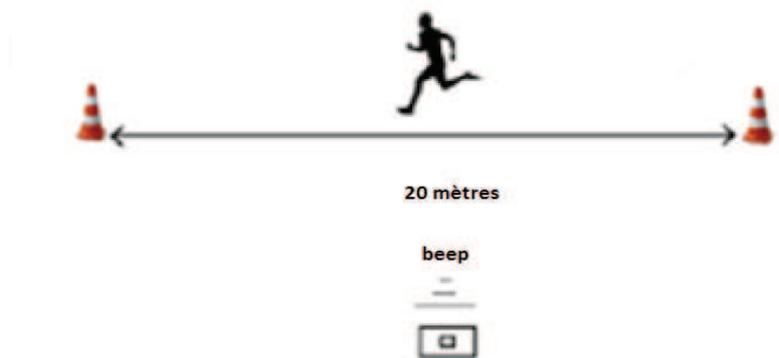
2.3.2.9. Test 20m Navette

L'objectif du test est l'évaluation de l'endurance aérobie.

Il s'agit de courir le plus longtemps possible entre 2 lignes espacées de 20 mètres en respectant un rythme de course qui s'accélère toutes les minutes. Possibilité de calculer la VO2 Max à partir de l'équation suivante :

$$Y = 14,49 - 2,143 x + 0,00324x^2$$

Y est le VO2 Max. exprimé en ml. mn-1 Kg et X la vitesse atteinte au dernier palier réalisé exprimée en km/h.



2.3.2.10. Course 10 m ; 30 m ; 50 m

Evaluation de la vitesse de course.

Il s'agit de parcourir les distances de 10 m, 30 m et 50 m dans un minimum de temps possible.

2.3.2.11. Test 300 m Navette

L'objectif du test est l'évaluation de la capacité anaérobie du sportif.

Il s'agit de parcourir, en aller-retour, les distances de 10 m, de 20 m, de 30 m, de 40 m et enfin de 50 m. A la fin du test, le sujet aura parcouru une distance totale de 300 m.

2.3.2.12. Course de 7 minutes

Evaluation de l'endurance aérobie.

Le test consiste en une course visant à réaliser la plus grande distance en 7 minutes.

2.3.2.13. Maximum de coups membres supérieurs

Test spécifique à la discipline.

Le test consiste à réaliser le maximum de coups de la technique gyaku tsuki en yori ashi en une minute.

2.3.2.14. Maximum de coups membres inférieurs

Test spécifique à la discipline.

Le test consiste à réaliser le maximum de coups de la technique mawashi geri (jambe avancée) en une minute.

2.4. Protocole expérimental

Les athlètes ont été testés plusieurs fois durant une saison entière. Le déroulement des tests de l'expérimentation a été divisé en quatre sessions :

Première session : Correspond à la réalisation des tests sur les karatékas au début de la période transitoire.

Deuxième session : Correspond à la réalisation des tests sur les karatékas dans la première semaine du début de la période préparatoire.

Troisième session : Correspond à la réalisation des tests sur les karatékas juste au milieu de la période précompétitive.

Quatrième session : Correspond à la réalisation des tests sur les karatékas au milieu de la période compétitive.

Chaque session se déroulera en journée. Lors de ces sessions, il est important de :

Réserver au sujet un accueil amical et veiller constamment à ce que l'environnement soit paisible et l'atmosphère détendue.

Prévoir quelques minutes de détente avant le début des tests.

Informez le sujet à l'avance sur les vêtements à porter, sur les règles à observer dans les heures qui précèdent les tests, en matière de nourriture, de boisson, de consommation de cigarettes et d'exercice.

Expliquez en détail la nature, la durée et le but des différents tests ; rassurez le sujet avant le début de chaque test.

Prodiguez les encouragements nécessaires et surveillez attentivement le sujet pendant les tests, surtout vers la fin des exercices d'effort – notamment dans les tests d'endurance aérobie et musculaire.

Un échauffement préalable est nécessaire.

Il convient aussi de vérifier l'état de santé du sujet avant de lui administrer un test qui exige un effort physique particulier. L'ordre dans lequel les tests sont administrés aura une influence sur les résultats, voire sur la capacité du sujet à les exécuter. Il est recommandé de commencer avec les tests les plus passifs (ex : les mesures anthropométriques), d'enchaîner avec les tests de souplesse, d'équilibre et de la rapidité de mouvements, puis de passer aux tests de force et d'endurance musculaire. Le dernier test doit être celui qui mesure la puissance aérobie. On veillera à laisser le sujet récupérer suffisamment avant de l'administrer.

Les sujets ne sont pas autorisés à faire un test préliminaire, sauf expressément indiqué dans la description du test.

2.5. Calculs statistiques

Les données sont exprimées en moyenne et erreur-type à la mesure (Moyenne \pm SEM). L'analyse de variance One way ANOVA avec le test Fisher LSD en post hoc ont été utilisées afin de comparer les résultats des différents tests entre catégories. Cependant, la comparaison des résultats enregistrés entre les sessions au sein des catégories est faite par le biais de l'ANOVA à mesures répétées (repeated measures ANOVA) avec le test Fisher LSD en post hoc.

Lorsque les conditions de normalité des données et d'homogénéité des variances ne sont pas réunies, le test de Friedman (test non-paramétrique) avec le test Tuckey en post hoc est utilisé en remplacement de l'ANOVA à mesures répétées et le test Kruskal–Wallis avec le test Dunn's en post hoc en remplacement de l'ANOVA entre catégories.

Les données ont été exploitées au moyen de logiciel Jandal Scientific Package (Sigma stat et Sigma Plot). Le seuil de signification a été fixé à $p < 0,05$.

Chapitre III

Résultats et Discussion

3.1. Caractéristiques anthropométriques des athlètes par catégorie et par session

Les valeurs moyennes des caractéristiques physiques par catégorie et par session sont représentées dans les tableaux 3.1-3.2 et 3.3.

Les valeurs moyennes de l'âge sont représentées dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Valeurs moyennes d'âge des karatékas par catégorie et par session

| | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Minimes | 12,8 ± 0,14 | 13,2 ± 0,17 | 13,5 ± 0,15 | 13,6 ± 0,15 |
| Cadets | Garçons | 14,6 ± 0,11 | 14,8 ± 0,14 | 14,9 ± 0,14 |
| | Filles | 14,2 ± 0,12 | 14,3 ± 0,16 | 14,7 ± 0,17 |
| Juniors | 16,5 ± 0,15 | 17,0 ± 0,21 | 17,1 ± 0,19 | 17,2 ± 0,16 |
| Séniors | 21,5 ± 1,20 | 21,8 ± 1,21 | 22,0 ± 1,22 | 22,1 ± 1,20 |

Valeurs moyennes ± SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

3.1.1. Poids

L'analyse comparative des valeurs moyennes du poids représentées dans le tableau 3.2, montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les sessions chez les minimes, les juniors et les séniors.

Chez les cadets, les résultats révèlent une augmentation significative du poids ($p < 0,05$) entre la session 1 et la session 2, une stabilisation à la 3^{ème} session et enfin une augmentation à la 4^{ème} session ($p < 0,05$).

Les résultats des cadettes montrent une augmentation significative entre la session 2 et la session 1 ($p < 0,05$). Une stabilisation des valeurs est ensuite enregistrée pendant les autres sessions (Tableau 3.2).

Entre les catégories, une différence significative est observée entre les cadets et les minimes ($p < 0,05$), juniors et minimes ($p < 0,001$), séniors et minimes ($p < 0,001$), séniors et cadets ($p < 0,001$) et les séniors et les juniors ($p < 0,01$) et cela durant toutes les sessions.

Cependant, aucune différence significative n'est observée entre les catégories « juniors » et « cadets » (Tableau 3.3).

Tableau 3.2 : Valeurs moyennes du poids des karatékas par catégorie et par session

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Minimes | | 45,21 ± 2,31 | 47,66 ± 2,33 | 47,64 ± 2,25 | 50,24 ± 2,54 |
| Cadets | Garçons | 52,47 ± 1,92 § | 54,81 ± 1,84 *§ | 55,10 ± 1,86 *§ | 57,38 ± 1,66 *§# § |
| | Filles | 48,43 ± 3,10 | 50,35 ± 3,15* | 49,98 ± 3,01 | 51,85 ± 3,42* |
| Juniors | | 58,89 ± 1,56 \$\$\$ | 60,56 ± 1,64 \$\$\$ | 60,09 ± 1,58 \$\$\$ | 61,19 ± 1,64 \$\$\$ |
| Séniors | | 68,87 ± 2,81 \$\$\$\$HHH^^ | 71,11 ± 2,86 \$\$\$\$HHH^^ | 70,37 ± 2,67 \$\$\$\$HHH^^ | 71,87 ± 2,73 \$\$\$\$HHH^^ |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,05 ; § : différence significative par rapport à la session 2 à P<0,05 ; # : différence significative par rapport à la session 3 à P<0,05 ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; \$\$\$: à P<0,001 ; □□□ : différence significative par rapport à la catégorie cadets à P<0,001 ; ^^ : différence significative par rapport à la catégorie juniors à P<0,01 ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.1 : Variations du poids par sessions chez les karatékas.

Figure 3.1a : Variations du poids par sessions chez les karatékas minimes.

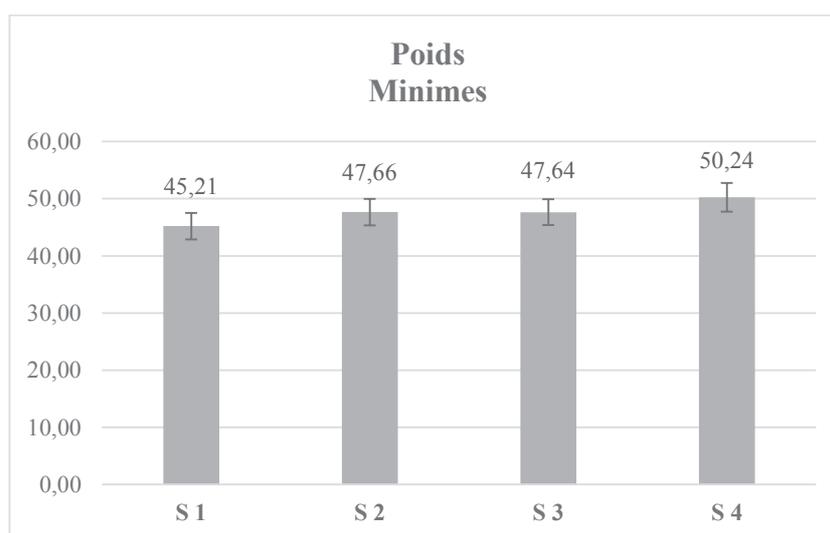


Figure 3.1b : Variations du poids par sessions chez les karatékas cadets.

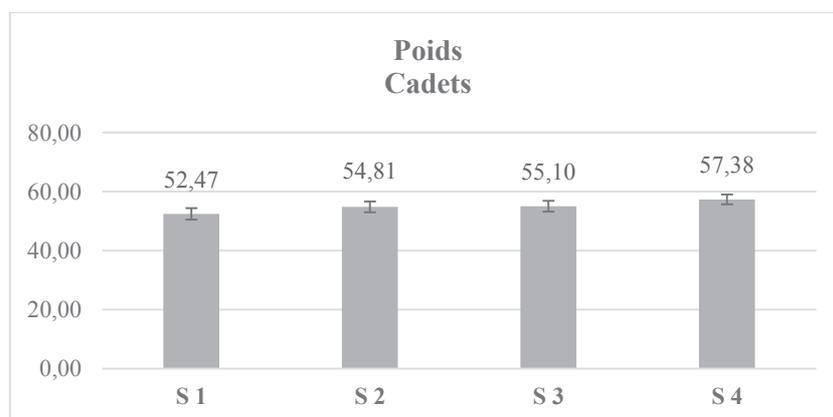


Figure 3.1c : Variations du poids par sessions chez les karatékas juniors.



Figure 3.1d : Variations du poids par sessions chez les karatékas séniors.

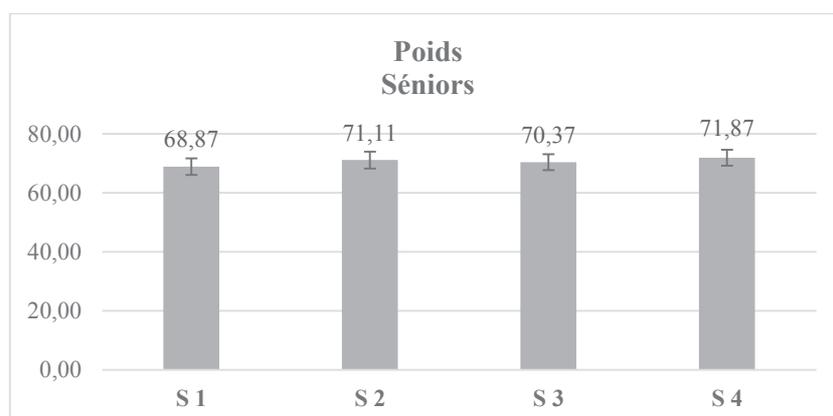


Figure 3.1 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4.

3.1.2. Taille

Le tableau 3.3 représente les valeurs moyennes de la taille des différents athlètes par catégorie et par session. Pour les minimes, les juniors et les seniors, aucune différence significative n'est enregistrée entre les différentes sessions. Cependant, les résultats des cadets montrent une augmentation significative à la session 3 et à la session 4. Chez les cadettes, une augmentation significative est relevée à la session 4.

Entre catégories, à la session 1 une différence significative est enregistrée entre les juniors et les cadets ($p < 0,05$), les seniors et les cadets ($p < 0,05$) et entre les seniors et les minimes ($p < 0,05$). A la session 2, les résultats montrent une différence significative entre les cadets et les minimes ($p < 0,05$), les juniors et les minimes ($p < 0,001$), les juniors et les cadets ($p < 0,05$), les seniors et les minimes ($p < 0,001$) et aussi entre les seniors et les cadets ($p < 0,05$). A la session 3, une différence significative est relevée seulement entre les juniors et les minimes ($p < 0,05$) et entre les seniors et les minimes ($p < 0,05$). Les résultats de la session 4 montrent une différence significative entre les cadets et les minimes ($p < 0,01$), les juniors et les minimes ($p < 0,001$) et entre les seniors et les minimes ($p < 0,001$).

Tableau 3.3 : Taille par sessions et par catégories

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| Minimes | | 156,25 ± 2,53 | 158,06 ± 2,48 | 161,1875 ± 2,43 | 164,25 ± 2,42 |
| Cadets | Garçons | 162,75 ± 1,26 | 164,7 ± 1,42 [§] | 167,85 ± 1,27* | 171 ± 1,18* [§] ^{\$\$} |
| | Filles | 154,75 ± 2,76 | 155,63 ± 2,71 | 157,25 ± 2,08 | 159,88 ± 1,55* [§] |
| Juniors | | 171,67 ± 1,81 [□] | 172 ± 1,75 ^{\$\$\$□} | 172,67 ± 1,65 [§] | 173,67 ± 1,64 ^{\$\$\$} |
| Séniors | | 172,8 ± 2,20 [□] | 173 ± 2,09 ^{\$\$\$□□} | 173,27 ± 2,01 [§] | 173,60 ± 1,97 ^{\$\$\$} |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; [§] : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; ^{\$\$} : à $P < 0,01$; ^{\$\$\$} : à $P < 0,001$; [□] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; ^{□□} : à $P < 0,01$.

Figure 3.2 : Variations de la taille par sessions chez les karatékas.

Figure 3.2a : Variations de la taille par sessions chez les karatékas minimes.

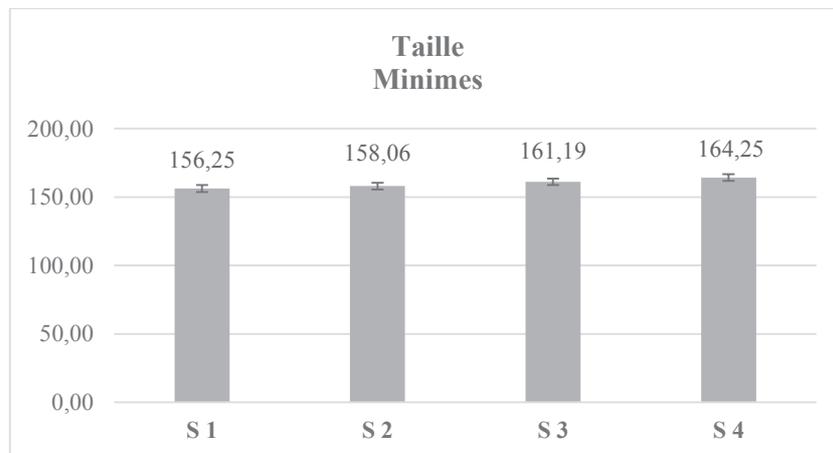


Figure 3.2b : Variations de la taille par sessions chez les karatékas cadets.



Figure 3.2c : Variations de la taille par sessions chez les karatékas juniors.

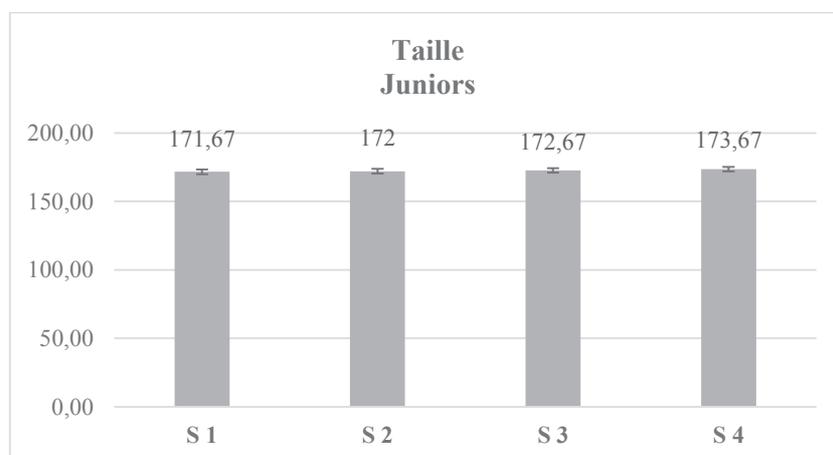


Figure 3.2d : Variations de la taille par sessions chez les karatékas séniors.

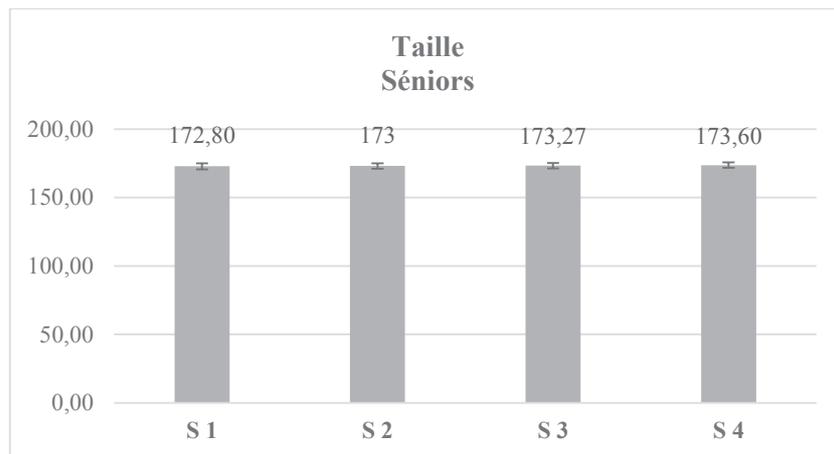


Figure 3.2 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4.

3.1.3) Indice masse corporelle :

Les valeurs descriptives de l'indice masse corporelle sont représentées dans le tableau 3.4 et le tableau 3.5.

L'analyse comparative des résultats des différentes catégories par sessions (Tableau 3.4), montrent que pour les minimes et les cadets, une augmentation significative de l'indice masse corporelle ($p < 0,05$) est observé à la session 2. Une diminution significative ($p < 0,01$) est relevée à la session 3 puis une stabilisation à la session 4. Le même constat est fait pour les juniors avec un degré de significativité de $p < 0,01$ à la session 2 et de $p < 0,05$ à la session 3. Pour les séniors une augmentation significative ($p < 0,001$) est enregistrée à la session 2, suivi d'une stabilisation à la session 3 et une augmentation significative à la session 4 ($p < 0,05$). Aucune différence significative n'est observée chez les cadettes entre les différentes sessions.

Entre catégories (Tableau 3.5), les résultats de la session 1 montrent une différence significative entre les minimes et aussi bien les juniors et les séniors, à $p < 0,05$ et $p < 0,001$, respectivement et aussi entre les séniors et aussi bien les cadets et les juniors à $p < 0,001$. Les mêmes résultats sont relevés pour les autres sessions, sauf qu'à la session 2, aucune différence significative n'est observée entre les juniors et les minimes.

Pour les cadets (Fig. 3.2), aucune différence significative n'est enregistrée entre les garçons et les filles.

Tableau 3.4 : Indice masse corporelle (BMI) par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Minimes | | 18,35 ± 0,56 | 18,92 ± 0,53* | 18,20 ± 0,51 ^{§§} | 18,48 ± 0,63 ^{§§} |
| Cadets | Garçons | 19,37 ± 0,49 | 19,79 ± 0,52* | 19,28 ± 0,53 ^{§§} | 19,45 ± 0,58 ^{§§} |
| | Filles | 20,92 ± 0,73 | 21,47 ± 0,43 | 20,61 ± 0,72 | 20,55 ± 0,68 |
| Juniors | | 20,02 ± 0,55 | 20,49 ± 0,54** | 20,16 ± 0,55 [§] | 20,30 ± 0,60 |
| Séniors | | 22,94 ± 0,54 | 23,65 ± 0,57*** | 23,34 ± 0,55* | 23,74 ± 0,53***# |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§ : à $P < 0,01$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$.

Figure 3.3 : Variation du BMI par sessions chez les karatékas.

Figure 3.3a : Variation du BMI par sessions chez les karatékas minimes.

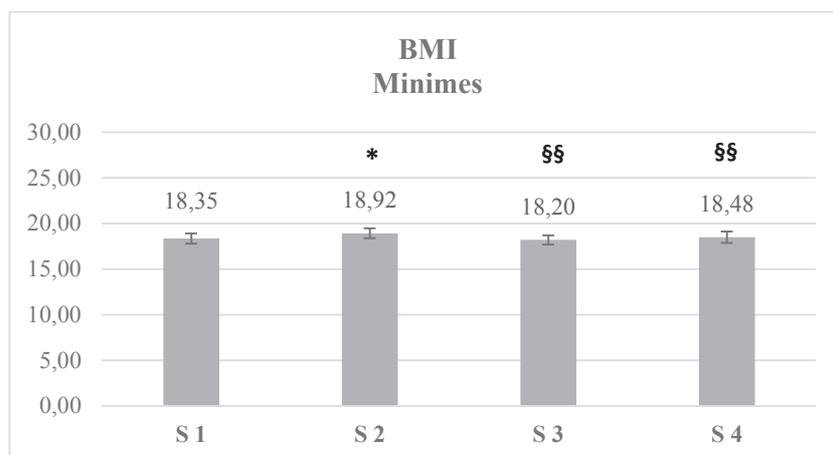


Figure 3.3b : Variation du BMI par sessions chez les karatékas cadets.

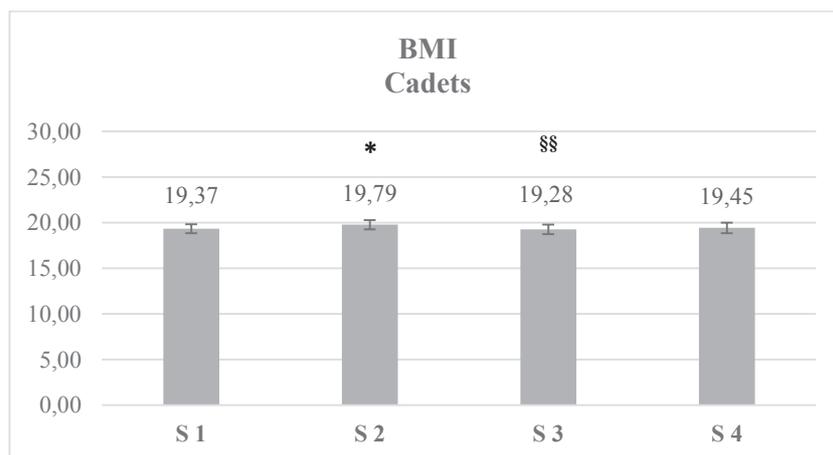


Figure 3.3c : Variation du BMI par sessions chez les karatékas juniors.

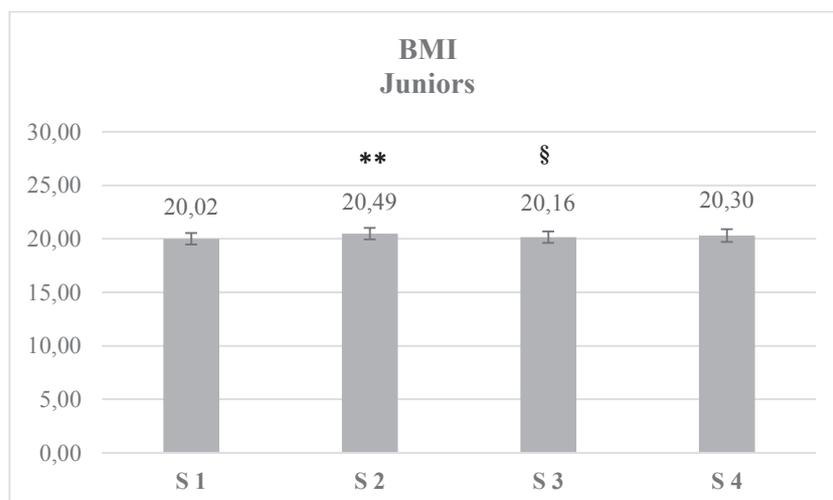


Figure 3.3d : Variation du BMI par session chez les karatékas séniors.

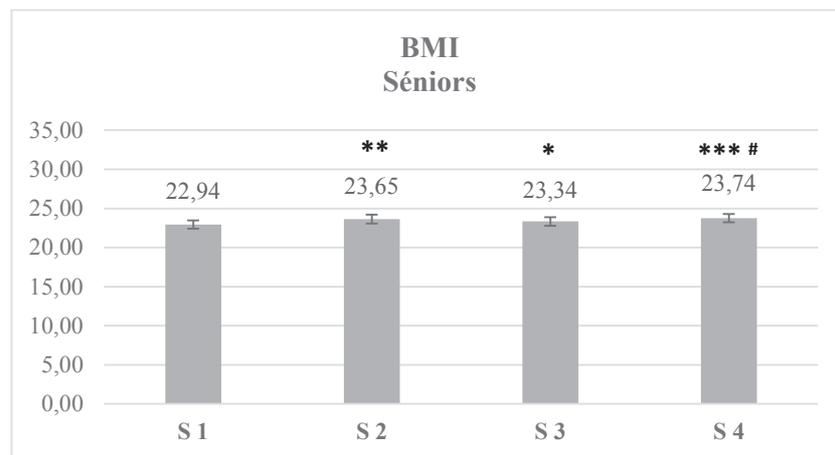
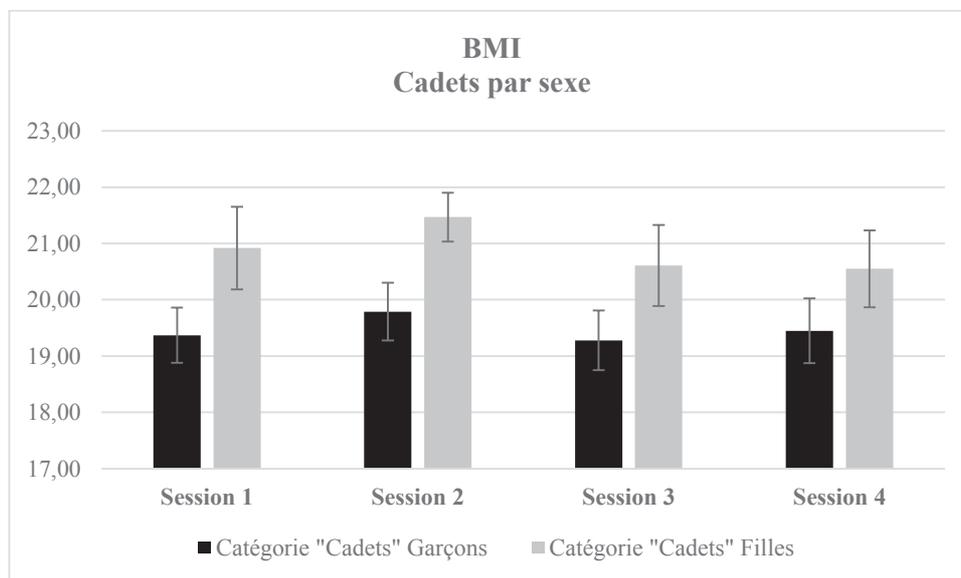


Figure 3.3 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§ : à $P < 0,01$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$.

Figure 3.4 : Différence des résultats du BMI dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.5 : BMI par catégorie.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|----------------|---------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Session 1 | 18,35 ± 0,56 | 19,37 ± 0,49 | 20,02 ± 0,55 ^{\$} | 22,94 ± 0,54 ^{\$\$\$ □□□ ^^} |
| Session 2 | 18,92 ± 0,53 | 19,79 ± 0,52 | 20,49 ± 0,54 | 23,65 ± 0,57 ^{\$\$\$ □□□ ^^} |
| Session 3 | 18,20 ± 0,51 | 19,28 ± 0,53 | 20,16 ± 0,55 ^{\$} | 23,34 ± 0,55 ^{\$\$\$ □□□ ^^} |
| Session 4 | 18,48 ± 0,63 | 19,45 ± 0,58 | 20,30 ± 0,60 ^{\$} | 23,74 ± 0,53 ^{\$\$\$ □□□ ^^} |

Valeurs moyennes ± SEM ; ^{\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; ^{\$\$\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,001 ; ^{□□□} : différence significative par rapport à la catégorie cadets à P<0,001 ; ^{^^} : différence significative par rapport à la catégorie juniors à P<0,001 ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.5 : Variations du BMI par catégorie chez les karatékas.

Figure 3.5a : Variations du BMI par catégorie chez les karatékas à la session 1.

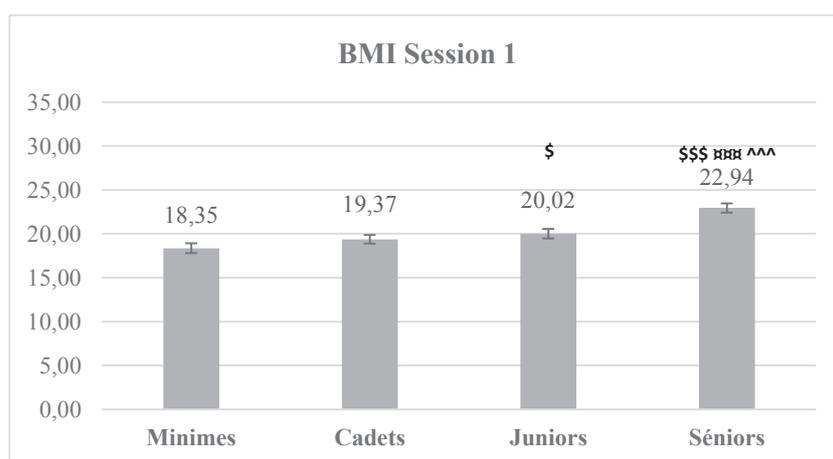


Figure 3.5b : Variations du BMI par catégorie chez les karatékas à la session 2.

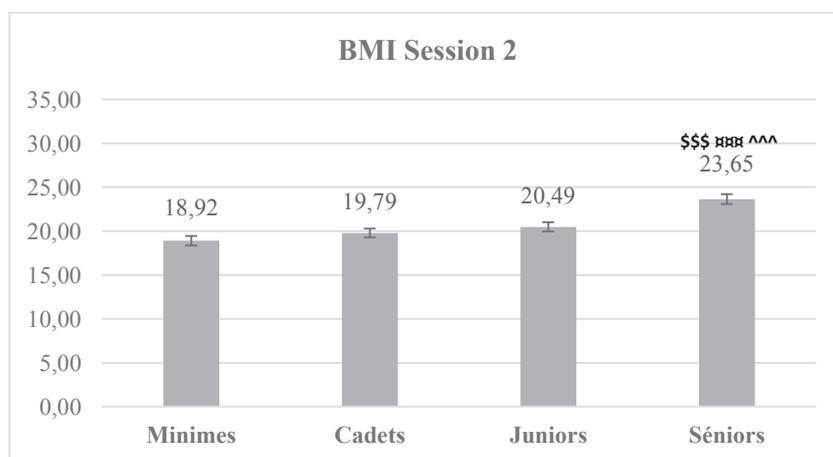


Figure 3.5c : Variations du BMI par catégorie chez les karatékas à la session 3.

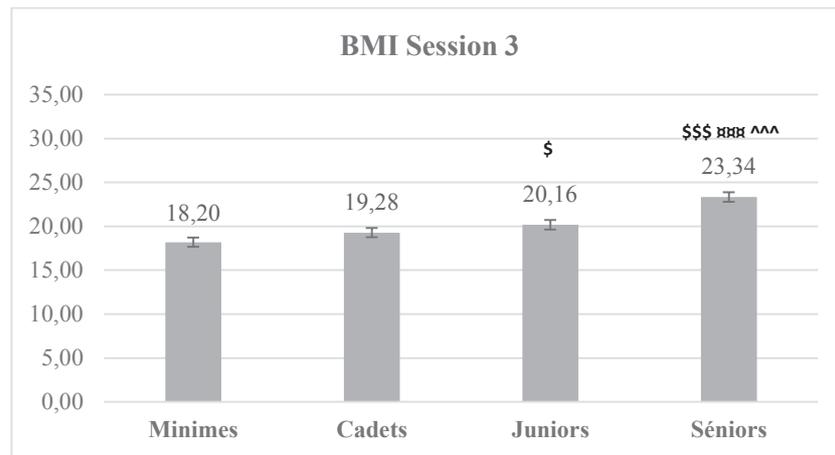


Figure 3.5d : Variations du BMI par catégorie chez les karatékas à la session 4.

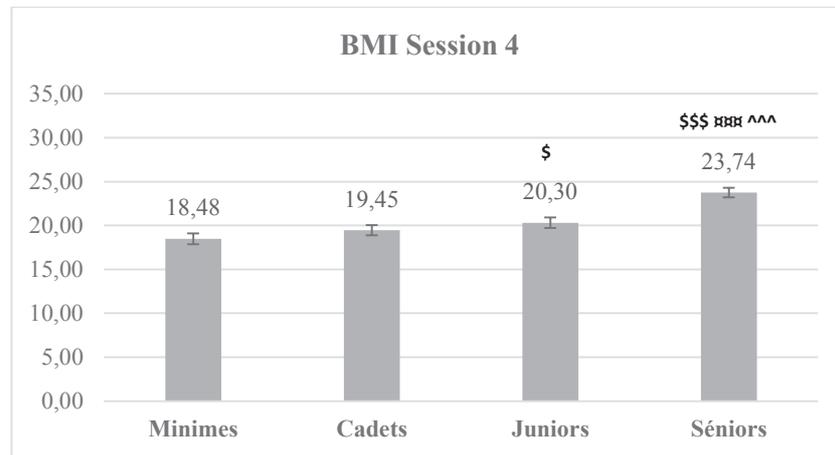


Figure 3.5 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$\$: à $P < 0,001$; \$\$\$: différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,001$; ^^ : différence significative par rapport à la catégorie juniors à $P < 0,001$.

3.2) Résultats des tests par catégories, par sessions et par sexe pour la catégorie « cadets »

3.2.1) Test Flamingo

Le tableau 3.6 et 3.7 représentent les valeurs moyennes des résultats du test flamingo par catégorie et par session.

L'analyse de ces résultats montre que pour la catégorie « minimales » une amélioration significative est observée à la session 3 par rapport à la session 1 ($p < 0,01$), suivie d'une stabilisation. Pour les cadets, aucune différence significative n'est relevée entre les différentes sessions. Les résultats des juniors montrent une stabilisation des résultats de la session 2 par rapport à ceux de la session 1 suivi d'une amélioration significative à la 3^{ème} session par rapport à la session 2 ($p < 0,001$) et d'une stabilisation des résultats à la session 4. Pour les séniors, une amélioration significative est relevée à la session 2 par rapport à la session 1 ($p < 0,01$), suivi d'une amélioration à la session 3 par rapport à la session 2 ($p < 0,01$) et d'une stabilisation à la session 4.

Pour les cadettes, une amélioration significative est observée à la session 3 par rapport à la session 1 (Tableau 3.6).

Entre catégories, les résultats montrent une différence significative à la session 1 entre les cadets et les minimales ($p < 0,01$), ainsi qu'entre les séniors et les cadets ($p < 0,05$).

Aucune différence significative n'est relevée lors des autres sessions (Tableau 3.7).

Aucune différence significative n'est observée entre les cadets et les cadettes dans toutes les sessions de tests (Fig. 3.5)

Tableau 3.6 : Test Flamingo par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Minimes | | 10,06 ± 0,74 | 8,94 ± 0,96 | 7,06 ± 0,77** | 8,06 ± 1,61 |
| Cadets | Garçons | 6,50 ± 0,80 | 6,35 ± 0,83 | 4,80 ± 0,63 | 5,75 ± 1,33 |
| | Filles | 8,75 ± 1,52 | 7,00 ± 0,96 | 5,00 ± 1,02*** | 3,88 ± 0,97***§§§ |
| Juniors | | 7,75 ± 1,02 | 6,42 ± 1,15 | 4,92 ± 0,74***§§§ | 4,58 ± 0,77***§§§ |
| Séniors | | 9,60 ± 1,26 | 7,20 ± 0,85** | 5,20 ± 0,61***§§ | 5,87 ± 0,91*** |

Valeurs moyennes ± SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$.

Figure 3.6 : Variation des résultats du Test Flamingo par session chez les karatékas.

Figure 3.6a : Variations des résultats du Test Flamingo par session chez les karatékas minimes.

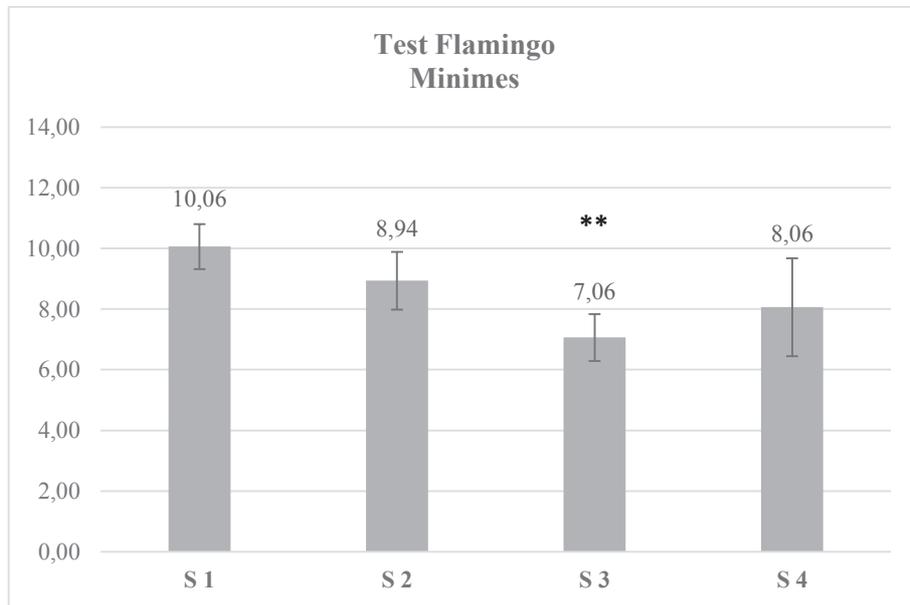


Figure 3.6b : Variations des résultats du Test Flamingo par session chez les karatékas cadets.

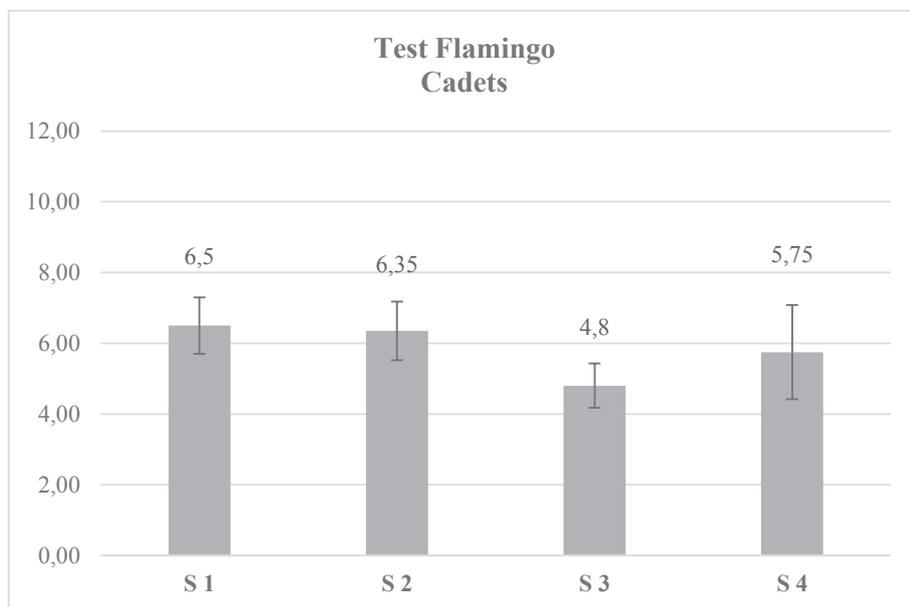


Figure 3.6c : Variations des résultats du Test Flamingo par session chez les karatékas juniors.

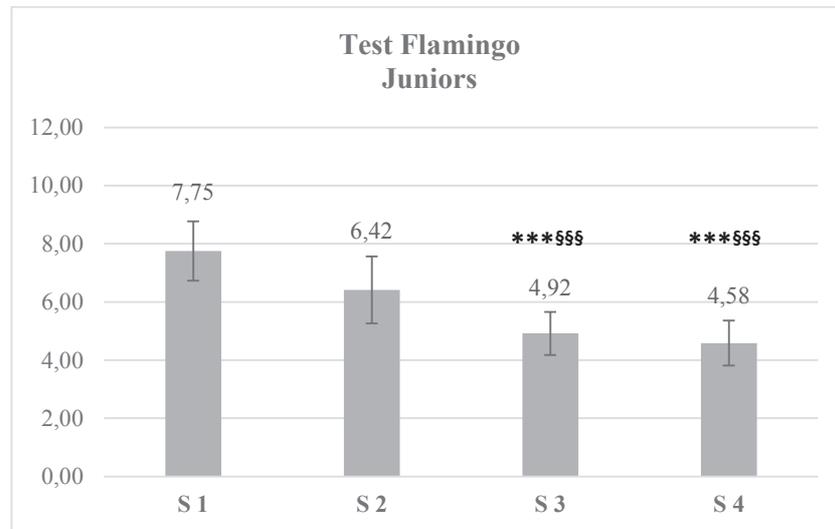


Figure 3.6d : Variations des résultats du Test Flamingo par session chez les karatékas séniors.

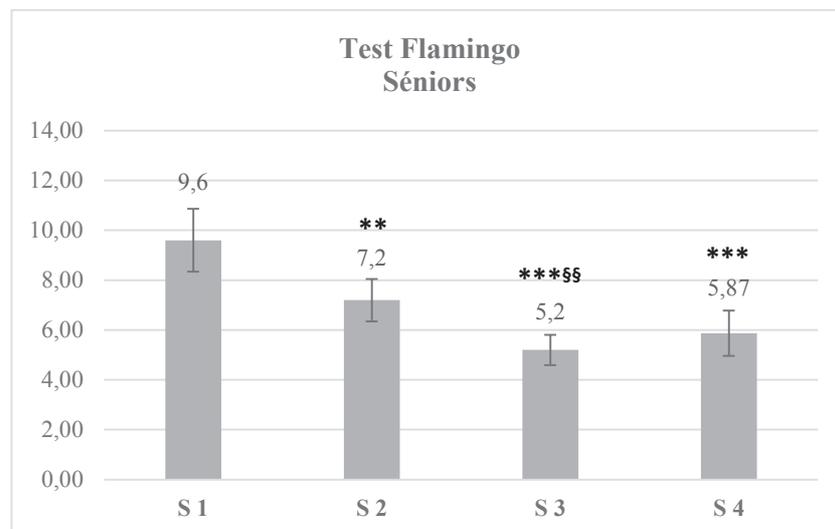
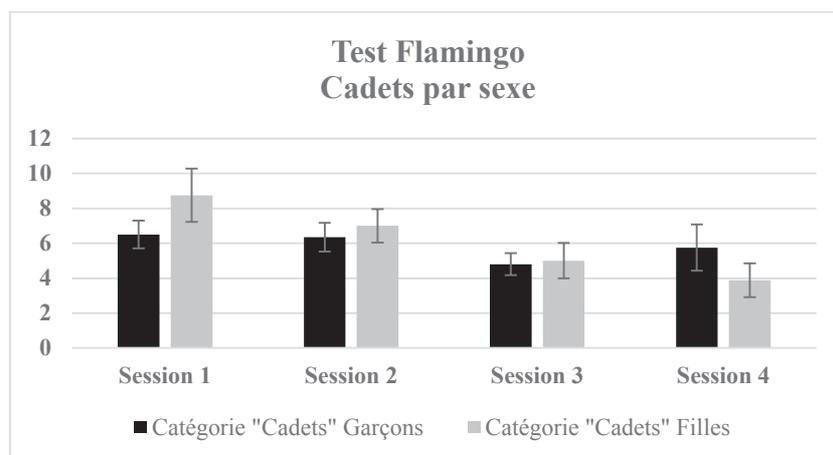


Figure 3.6 a, b, c, d : Valeurs moyennes ± SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$.

Figure 3.7 : Différence des résultats du Test Flamingo dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.7 : Variations du Test Flamingo par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------|
| Session 1 | 10,06 \pm 0,74 | 6,50 \pm 0,80 ^{\$\$} | 7,75 \pm 1,02 | 9,60 \pm 1,26 [#] |
| Session 2 | 8,94 \pm 0,96 | 6,35 \pm 0,83 | 6,42 \pm 1,15 | 7,20 \pm 0,85 |
| Session 3 | 7,06 \pm 0,77 | 4,8 \pm 0,63 | 4,92 \pm 0,74 | 5,20 \pm 0,61 |
| Session 4 | 8,06 \pm 1,61 | 5,75 \pm 1,33 | 4,58 \pm 0,77 | 5,87 \pm 0,91 |

Valeurs moyennes \pm SEM ; ^{\$\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,01$; [#] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$.

Figure 3.8 : Variation des résultats du Test Flamingo par catégorie chez les karatékas.

Figure 3.8a : Variation des résultats du Test Flamingo par catégorie chez les karatékas à la session 1.

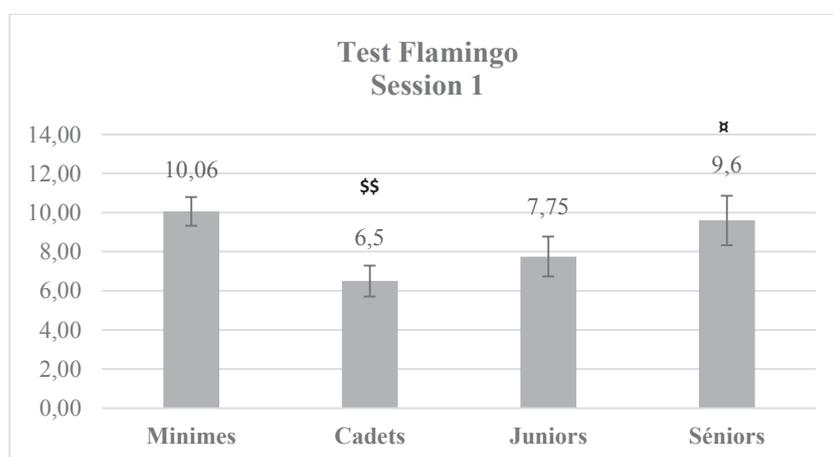


Figure 3.8b : Variations du Test Flamingo par catégorie chez les karatékas à la session 2.

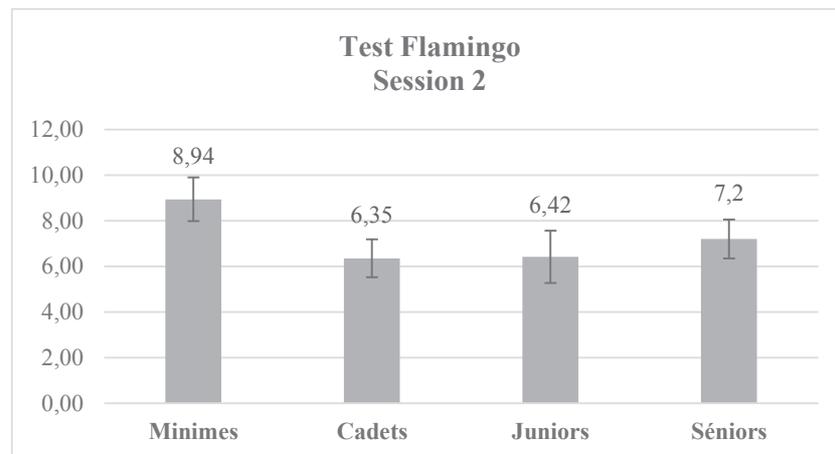


Figure 3.8c : Variations du Test Flamingo par catégorie chez les karatékas à la session 3.

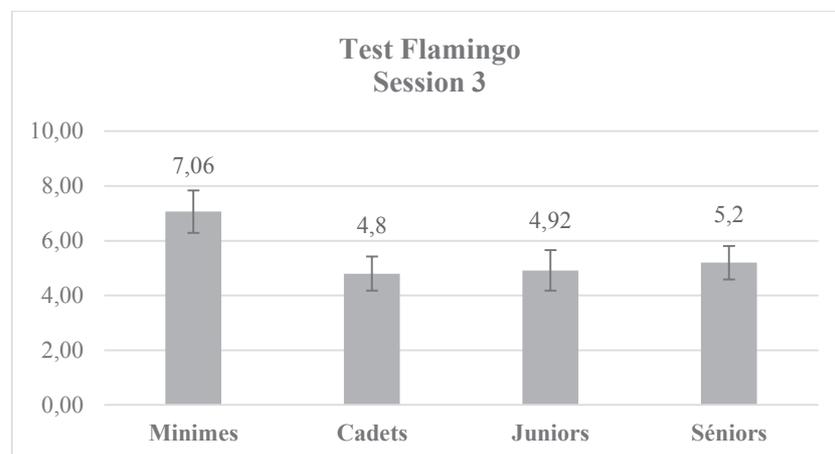


Figure 3.8d : Variations du Test Flamingo par catégorie chez les karatékas à la session 4.

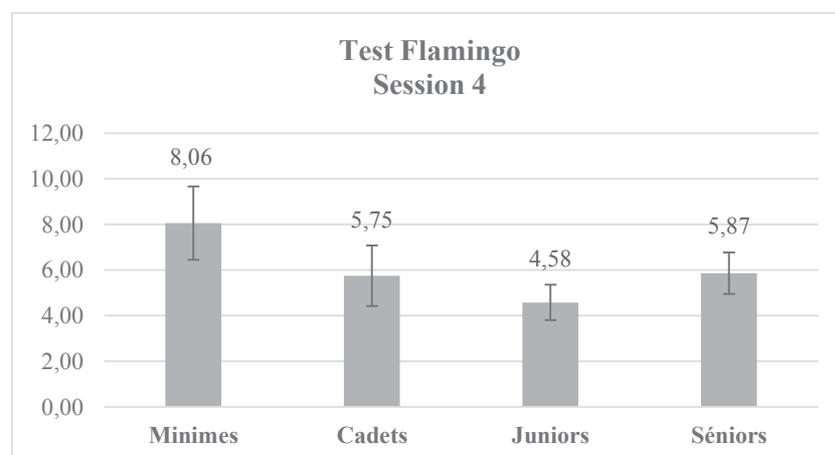


Figure 3.8 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; ^{\$\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimales à $P < 0,01$; [#] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$.

3.2.2) Sit And Reach

Les valeurs moyennes des résultats du test sit and reach sont représentées dans les tableaux 3.8 et 3.9.

L'analyse comparative de ces résultats (Tableau 3.8) montre que pour les minimales, une augmentation significative des performances est observée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$). Une stabilisation des performances est ensuite relevée lors des autres sessions.

Les résultats des cadets indiquent une amélioration qui devient significative à la session 3 par rapport à la session 1 ($P < 0,01$) et une diminution significative des performances à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,05$).

Pour les juniors, une stabilisation des performances est relevée à la session 2 par rapport à la session 1, suivie d'une amélioration significative à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,05$). Une légère amélioration est observée à la session 4, la différence entre celle-ci et la session 2 devient significative à $P < 0,01$.

Aucune différence significative n'est relevée chez les séniors et les cadettes entre les différentes sessions, ainsi qu'entre les cadets « garçons » et les cadettes (Fig. 3.8).

Entre les catégories, une différence significative est constatée à la session 1 entre les juniors et les minimales ($P < 0,05$), entre les séniors et les minimales ($P < 0,01$) et entre les séniors et les cadets ($P < 0,05$). Cependant, aucune différence significative n'est observée entre les différentes catégories à la session 2. L'analyse des résultats de la session 3 donne les mêmes différences que celles de la session 1 avec une différence entre séniors et minimales à $P < 0,05$. A la session 4, une différence significative est relevée entre les juniors et les cadets ($P < 0,05$), les séniors et les minimales ($P < 0,05$) et entre les séniors et les cadets ($P < 0,01$) (Tableau 3.9).

Tableau 3.8: Sit and reach par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|
| Minimes | | 21,81 \pm 1,46 | 24,41 \pm 1,35*** | 24,59 \pm 1,25*** | 25,06 \pm 1,28*** |
| Cadets | Garçons | 23,90 \pm 1,65 | 24,65 \pm 1,52 | 25,80 \pm 1,26** | 24,13 \pm 1,64 [#] |

| | | | | | |
|----------------|---------------|--------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| | Filles | 28,38 ± 1,57 | 28,63 ± 1,76 | 28,38 ± 1,52 | 28,69 ± 1,52 |
| Juniors | | 27,63 ± 1,49 | 27,63 ± 1,72 | 28,88 ± 1,53* [§] | 29,29 ± 1,43** ^{§§} |
| Séniors | | 28,67 ± 1,37 | 28,23 ± 1,33 | 29,53 ± 1,25 | 29,63 ± 1,08 |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,05 ; ** : à P<0,01 ; *** : à P<0,001 ; § : différence significative par rapport à la session 2 à P<0,05 ; §§ : à P<0,01 ; # : différence significative par rapport à la session 3 à P<0,05.

Figure 3.9 : Variations du test Sit and Reach par sessions chez les karatékas.

Figure 3.9a : Variations du test Sit and Reach par sessions chez les karatékas minimes.

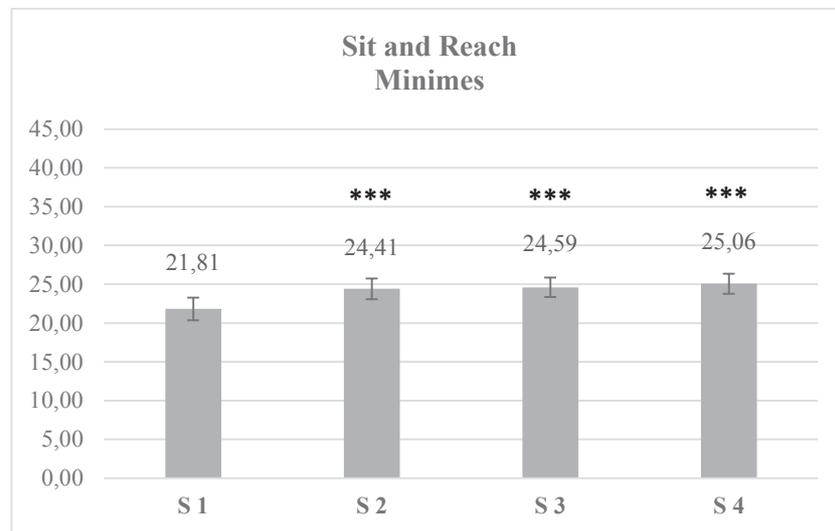


Figure 3.9b : Variations du test Sit and Reach par sessions chez les karatékas cadets.

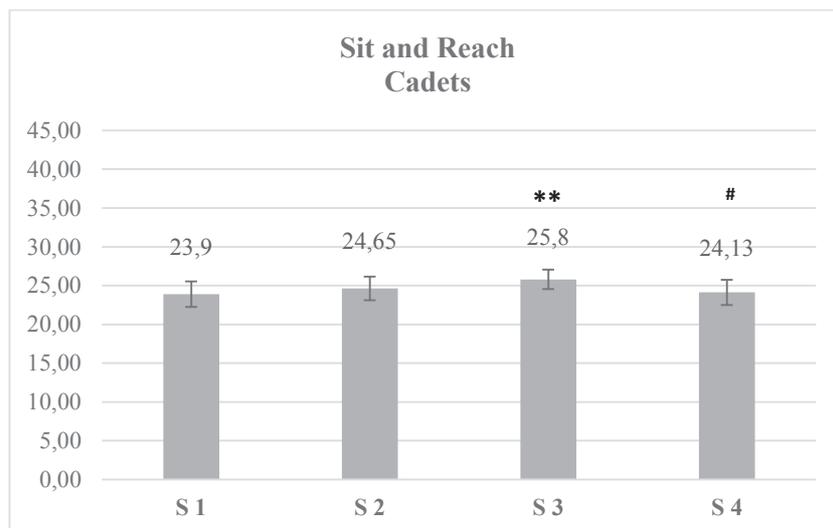


Figure 3.9c : Variations du test Sit and Reach par sessions chez les karatékas juniors.



Figure 3.9d : Variations du test Sit and Reach par sessions chez les karatékas séniors.

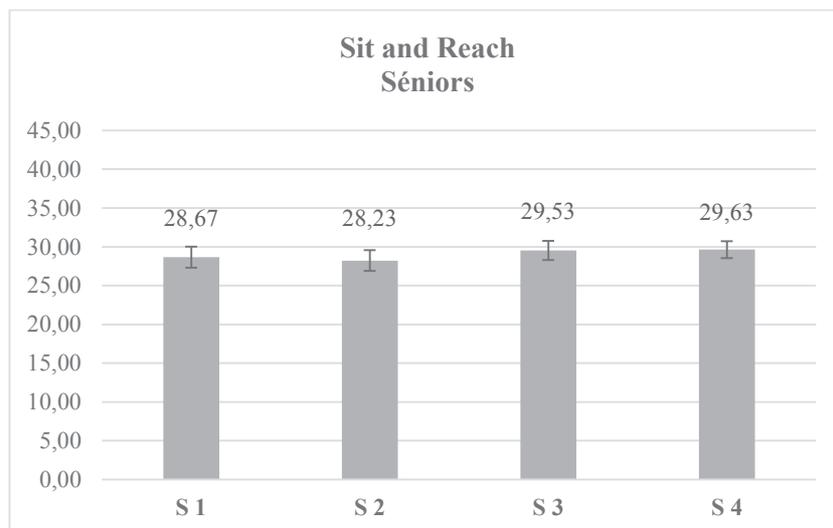
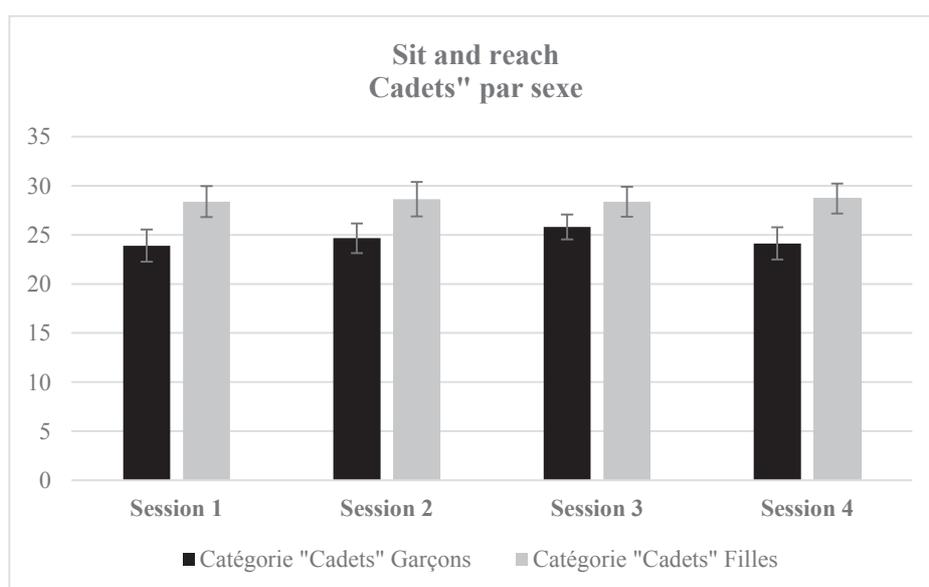


Figure 3.9 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§ : à $P < 0,01$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$.

Figure 3.10 : Différence des résultats du Test Sit and Reach dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.9 : Sit and Reach par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|----------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|
| Session 1 | 21,81 ± 1,46 | 23,90 ± 1,65 | 27,63 ± 1,49 [§] | 28,67 ± 1,37 ^{§§¤} |
| Session 2 | 24,41 ± 1,35 | 24,65 ± 1,52 | 27,63 ± 1,72 | 28,23 ± 1,33 |
| Session 3 | 24,59 ± 1,25 | 25,80 ± 1,26 | 28,88 ± 1,53 [§] | 29,53 ± 1,25 ^{§¤} |
| Session 4 | 25,06 ± 1,28 | 24,13 ± 1,64 | 29,29 ± 1,43 [¤] | 29,63 ± 1,08 ^{§¤¤} |

Valeurs moyennes ± SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; §§ : à P<0,01 ; ¤ : différence significative par rapport à la catégorie cadets à P<0,05 ; ¤¤ : à P<0,01.

Figure 3.11 : Variations du test Sit and Reach par categories chez les karatékas.

Figure 3.11a : Variations du test Sit and Reach par catégories chez les karatékas à la session 1.

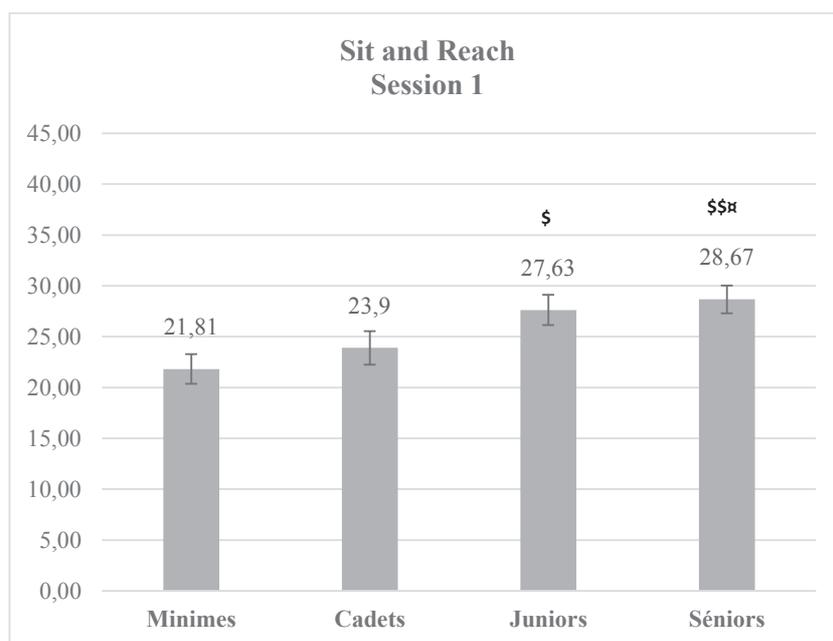


Figure 3.11b : Variations du test Sit and Reach par catégories chez les karatékas à la session 2.

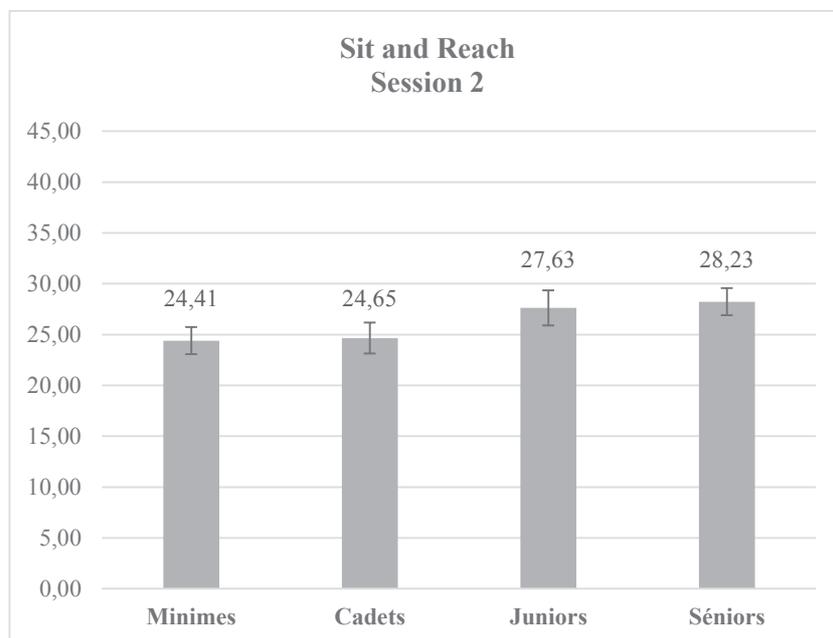


Figure 3.11c : Variations du test Sit and Reach par catégories chez les karatékas à la session 3.

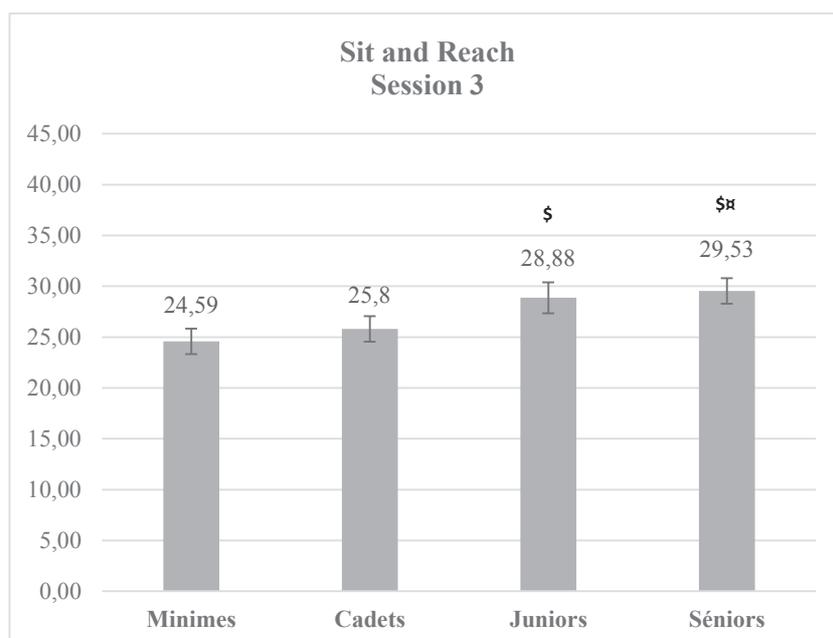


Figure 3.11d : Variations du test Sit and Reach par catégories chez les karatékas à la session 4.

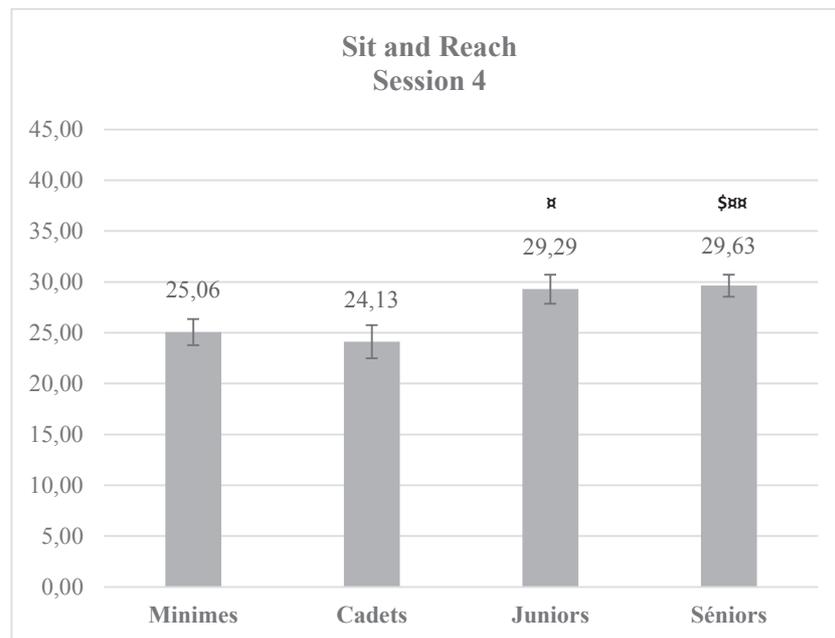


Figure 3.11 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; $^{\$}$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; $^{\$\$}$: à $P < 0,01$; $^{\text{¤}}$: différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; $^{\text{¤¤}}$: à $P < 0,01$.

3.2.3) Saut en hauteur sans élan (Sargent test)

Les valeurs moyennes des résultats du test de saut en hauteur sans élan par catégorie et par session, sont présentées dans les tableaux 3.10 et 3.11 en centimètre.

Les résultats indiquent que pour les minimes, une diminution significative des performances est enregistrée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$). Une amélioration significative est observée à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,001$) et aussi à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,001$).

Le même constat est fait pour les cadets, avec une amélioration significative à $P < 0,01$ entre la session 3 et la session 2.

Pour les juniors, une diminution significative des performances est relevée entre la session 2 et la session 1 ($P < 0,001$), suivie d'une stabilisation des performances à la session 3 et d'une amélioration significative à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,001$).

Les résultats des séniors montrent aussi une diminution significative des performances à la session 2, suivie d'une amélioration significative à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,001$) et enfin d'une stabilisation des performances à la session 4.

Aucune différence significative n'est enregistrée chez les cadettes entre les différentes sessions (Tableau 3.10).

Entre catégories, à la session 1 une différence significative est observée entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$), les juniors et les minimes ($P < 0,001$), les séniors et les minimes ($P < 0,001$) et aussi entre les séniors et les cadets ($P < 0,01$). Les résultats de la session 2 affichent une différence significative entre les juniors et les minimes ($P < 0,001$), les juniors et les cadets ($P < 0,01$), les séniors et les minimes ($P < 0,001$) et les séniors et les cadets ($P < 0,01$). Les mêmes différences sont remarquées aux sessions 3 et 4 avec quelques degrés de significativité différents, à $P < 0,05$ entre juniors et cadets aux sessions 3 et 4 et à $P < 0,001$ entre séniors et cadets à la session 3 (Tableau 3.11).

Pour la catégorie « cadets », une différence significative est observée entre les garçons et les filles dans les résultats de ce test. Elle est à $P < 0,001$ à la session 1, à $P < 0,05$ à la session 2, à $P < 0,01$ à la session 3 et la session 4 (Fig. 3.11).

Tableau 3.10 : Saut en hauteur sans élan par sessions.

| | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| Minimes | 36 ± 2,15 | 31,63 ± 1,94*** | 34,13 ± 2,20* \$\$\$ | 38,13 ± 2,08 ** \$\$\$ ### |
| Cadets | Garçons | 42,06 ± 1,56 | 35,78 ± 1,41*** | 42,5 ± 1,31\$\$\$ ### |
| | Filles | 32 ± 0,91 | 30 ± 1,09 | 33,25 ± 2,11 |
| Juniors | 47,58 ± 2,43 | 44 ± 2,47*** | 45,42 ± 2,40* | 49,92 ± 2,43 * \$\$\$ ### |
| Séniors | 51,13 ± 2,70 | 44,47 ± 2,53*** | 50,20 ± 2,61\$\$\$ | 51,07 ± 2,40\$\$\$ |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,05 ; ** à P<0,01 ; *** : à P<0,001 ; \$\$: différence significative par rapport à la session 2 à P<0,01 ; \$\$\$: à P<0,001 ; ### : différence significative par rapport à la session 3 à 0,001.

Figure 3.12 : Variations du test de saut en hauteur sans élan par sessions chez les karatékas.

Figure 3.12a : Variations du test de saut en hauteur sans élan par sessions chez les karatékas minimes.

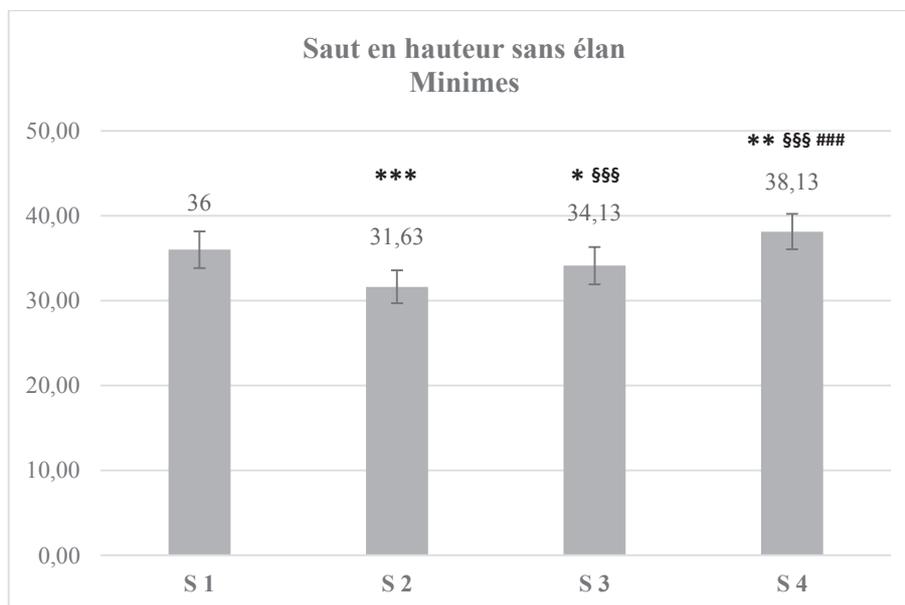


Figure 3.12b : Variations du test de saut en hauteur sans élan par sessions chez les karatékas cadets.

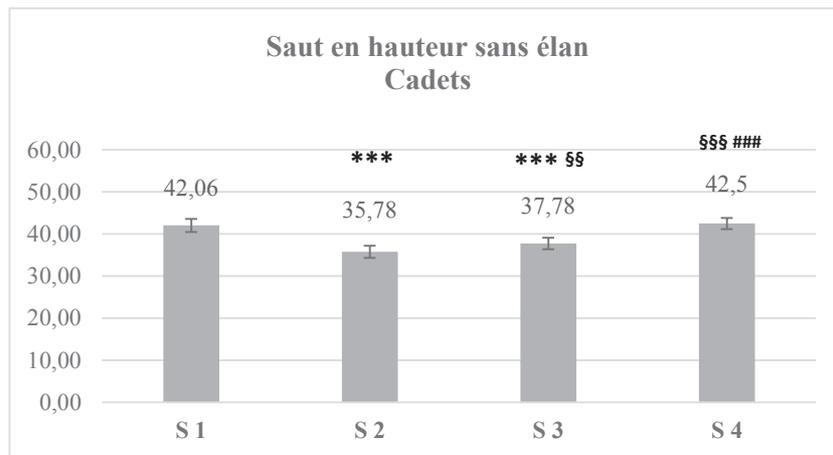


Figure 3.12c : Variations du test de saut en hauteur sans élan par sessions chez les karatékas juniors.

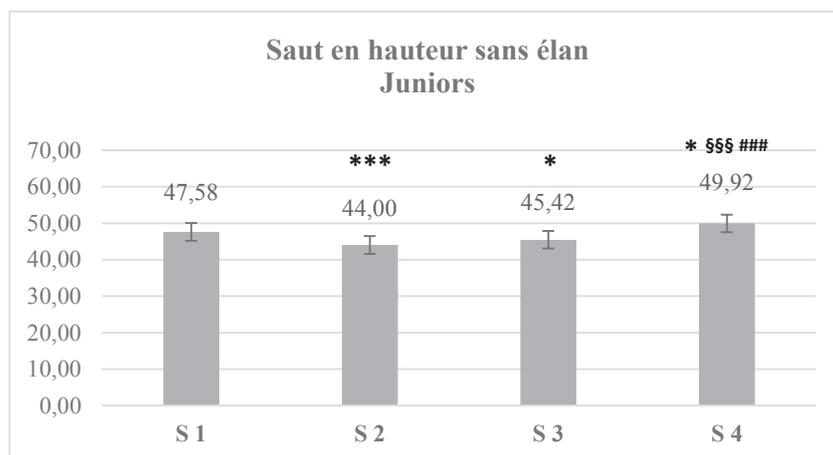


Figure 3.12d : Variations du test de saut en hauteur sans élan par sessions chez les karatékas séniors.

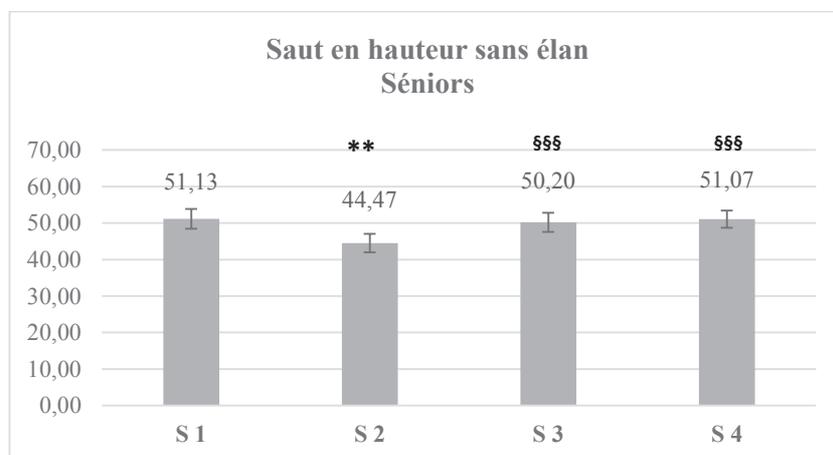
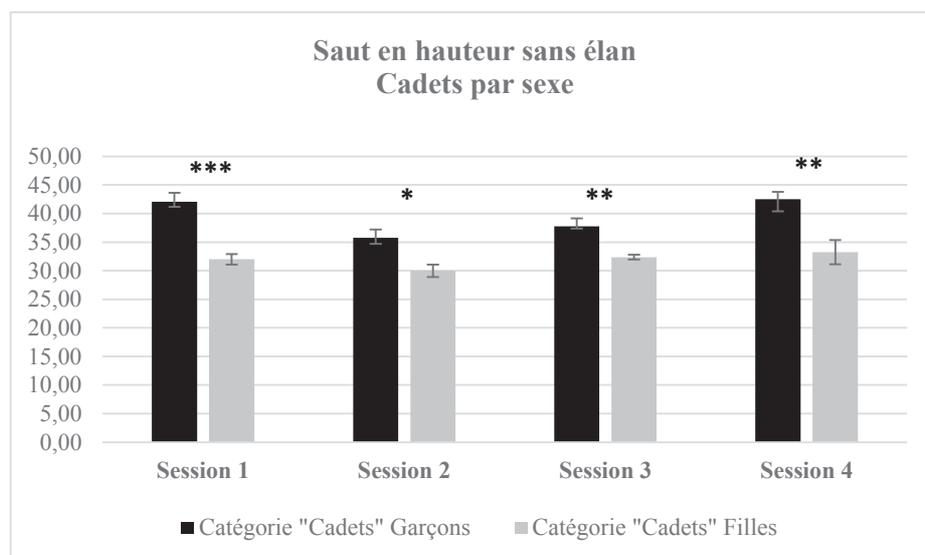


Figure 3.12 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$; ### : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,001$.

Figure 3.13 : Différence des résultats du Test de saut en hauteur sans élan dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.11 : Saut en hauteur sans élan par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|------------------|-------------------------------|--|--|
| Session 1 | 36 \pm 2,15 | 42,06 \pm 1,56 [§] | 47,58 \pm 2,43 ^{§§§} | 51,13 \pm 2,70 ^{§§§} ^{###} |
| Session 2 | 31,63 \pm 1,94 | 35,78 \pm 1,41 | 44 \pm 2,47 ^{§§§} ^{###} | 44,47 \pm 2,53 ^{§§§} ^{###} |
| Session 3 | 34,13 \pm 2,20 | 37,78 \pm 1,36 | 45,42 \pm 2,40 ^{§§§} ^{###} | 50,20 \pm 2,61 ^{§§§} ^{###} |
| Session 4 | 38,13 \pm 2,08 | 42,5 \pm 1,31 | 49,92 \pm 2,43 ^{§§§} ^{###} | 51,07 \pm 2,40 ^{§§§} ^{###} |

Valeurs moyennes \pm SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$; ^{###} : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; ^{###} : à $P < 0,01$; ^{###} : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,001$.

Figure 3.14 : Variations du test de saut en hauteur sans élan par catégories chez les karatékas.

Figure 3.14a : Variations du test de saut en hauteur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 1.

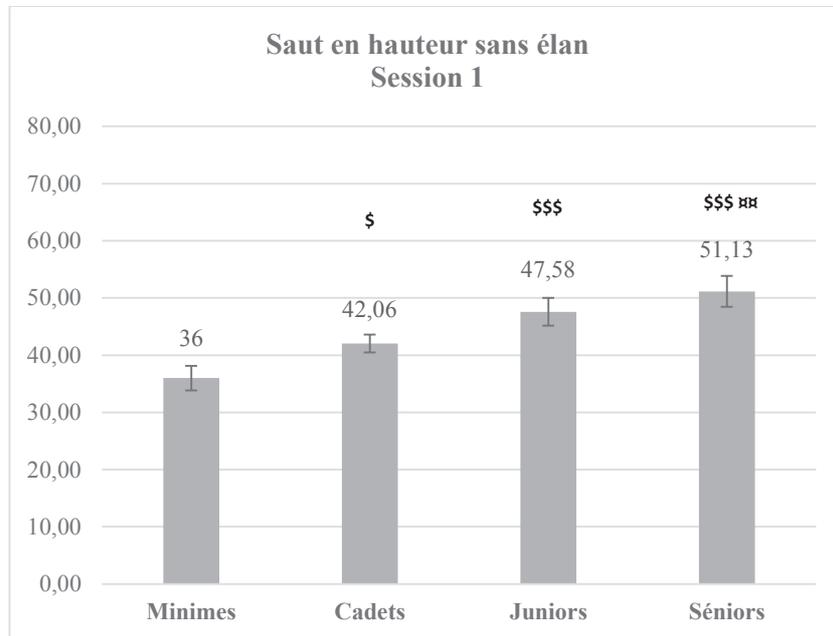


Figure 3.14b : Variations du test de saut en hauteur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 2.

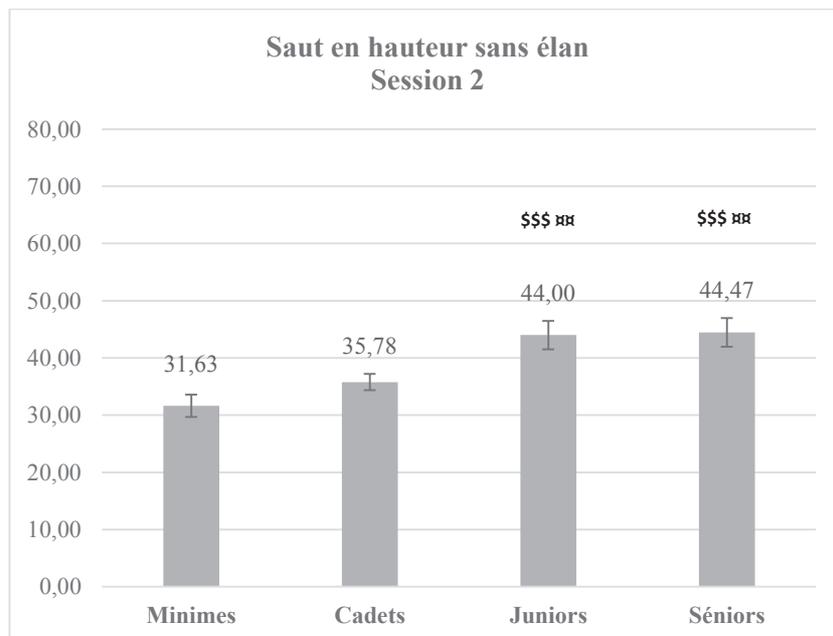


Figure 3.14c : Variations du test de saut en hauteur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 3.

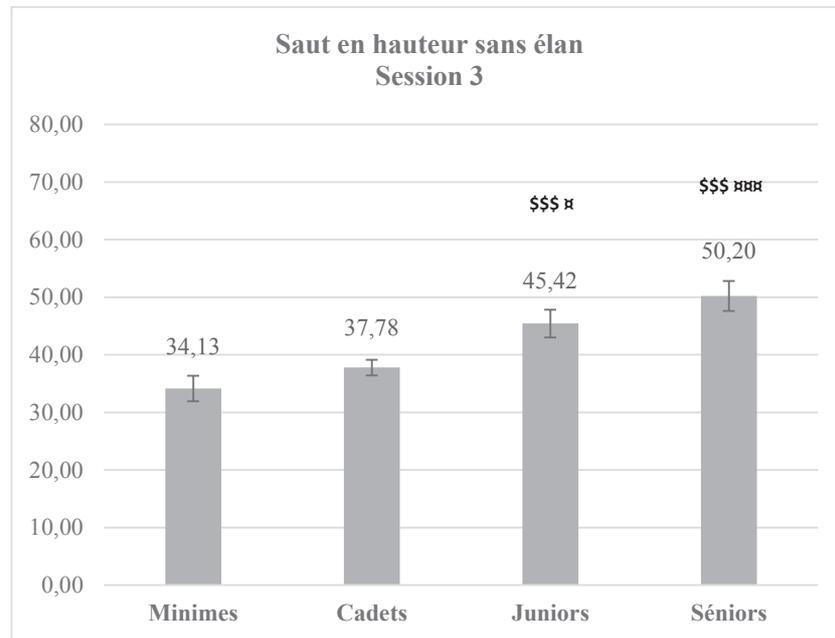


Figure 3.14d : Variations du test de saut en hauteur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 4.

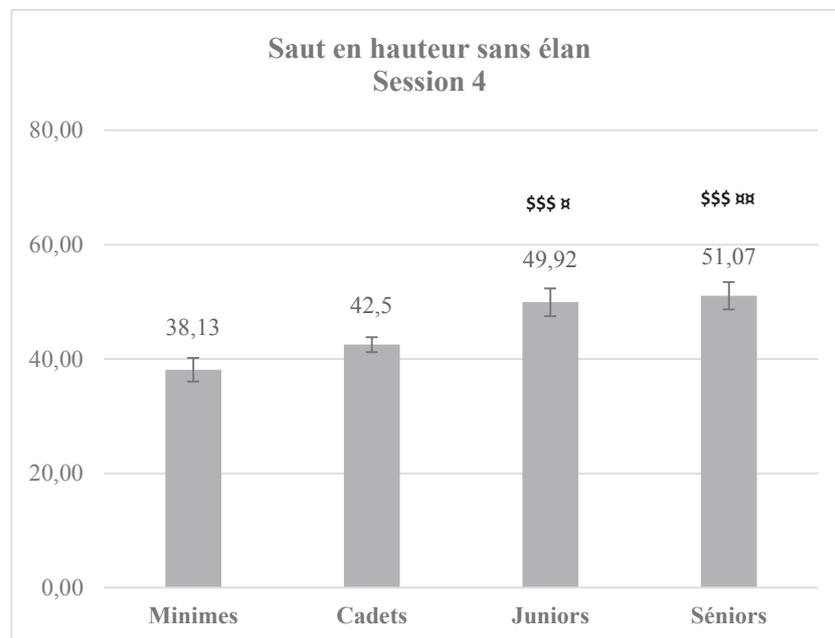


Figure 3.14 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; [‡] : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; ^{\$\$\$} : à $P < 0,001$; [‡] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; ^{‡‡} : à $P < 0,01$; ^{‡‡‡} : à $P < 0,001$.

3.2.4) Saut en longueur sans élan

Les tableaux 3.12 et 3.13 représentent les valeurs moyennes des résultats du test saut en longueur sans élan, par catégorie et par session en mètre.

Les résultats des minimes et des cadets montrent une diminution significative des performances dans ce test à la 2^{ème} session par rapport à la 1^{ère} ($P < 0,01$). Cette diminution est suivie d'une amélioration significative à la 3^{ème} session par rapport à la 2^{ème} session ($P < 0,001$) et enfin d'une stabilisation des performances à la dernière session de tests.

Pour les juniors, les résultats sont pratiquement stables entre la 1^{ère} session et la 2^{ème} session. Cependant, une diminution des performances est observée sauf qu'elle n'est pas significative. Une amélioration significative est relevée à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,05$). Elle est suivie d'une stabilisation des performances à la session 4. Toutefois, par rapport à la 2^{ème} session, une amélioration est constatée avec un degré de significativité plus important ($P < 0,001$).

Chez les séniors, une régression significative des performances est notée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$), suivie d'une amélioration significative à la session 3 ($P < 0,001$) et enfin, d'une stabilisation des performances à la session 4.

Aucune différence significative n'est enregistrée chez les cadettes entre les différentes sessions de tests (Tableau 3.12).

Entre catégories, à la session 1 une différence significative est observée entre les juniors et les minimes ($P < 0,05$), les séniors et les minimes ($P < 0,001$), les séniors et les cadets ($P < 0,001$) et les séniors et les juniors ($P < 0,05$). Pratiquement, le même constat est fait pour les résultats de la session 2 avec une absence de différence entre séniors et juniors (Tableau 3.13).

Pour les cadets (Fig. 3.14), une différence significative en faveur des garçons est relevée et ce dans toutes les sessions de tests. Elle est à $P < 0,05$ aux sessions 1 et 2 et à $P < 0,001$ aux sessions 3 et 4. Les résultats de la 3^{ème} session montrent une différence significative entre cadets et minimes ($P < 0,05$), juniors et minimes ($P < 0,01$), séniors et minimes ($P < 0,001$) et séniors et cadets ($P < 0,01$). Les mêmes différences sont relevées à la session 4 avec des degrés de significativités différents, à $P < 0,01$ entre cadets et minimes, $P < 0,001$ entre juniors et minimes et $P < 0,05$ entre séniors et cadets.

Tableau 3.12 : Saut en longueur sans élan par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Minimes | | 1,77 ± 0,06 | 1,69 ± 0,05** | 1,82 ± 0,06 ^{§§§} | 1,84 ± 0,06* ^{§§§} |
| Cadets | Garçons | 1,88 ± 0,05 | 1,77 ± 0,05** | 1,98 ± 0,04* ^{§§§} | 2,05 ± 0,05* ^{§§§§} |
| | Filles | 1,66 ± 0,05 | 1,57 ± 0,06 | 1,66 ± 0,05 | 1,68 ± 0,03 |
| Juniors | | 1,98 ± 0,09 | 1,90 ± 0,08 | 2,05 ± 0,08 [§] | 2,16 ± 0,08* ^{§§§§} |
| Séniors | | 2,18 ± 0,06 | 2,04 ± 0,06*** | 2,20 ± 0,06 ^{§§§} | 2,22 ± 0,05* ^{§§§} |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,05 ; ** : à P<0,01 ; *** : à P<0,001 ; § : différence significative par rapport à la session 2 à P<0,05 ; §§§ : à P<0,001.

Figure 3.15 : Variations du test de saut en longueur sans élan par sessions chez les karatékas.

Figure 3.15a : Variations du test de saut en longueur sans élan par sessions chez les karatékas minimes.

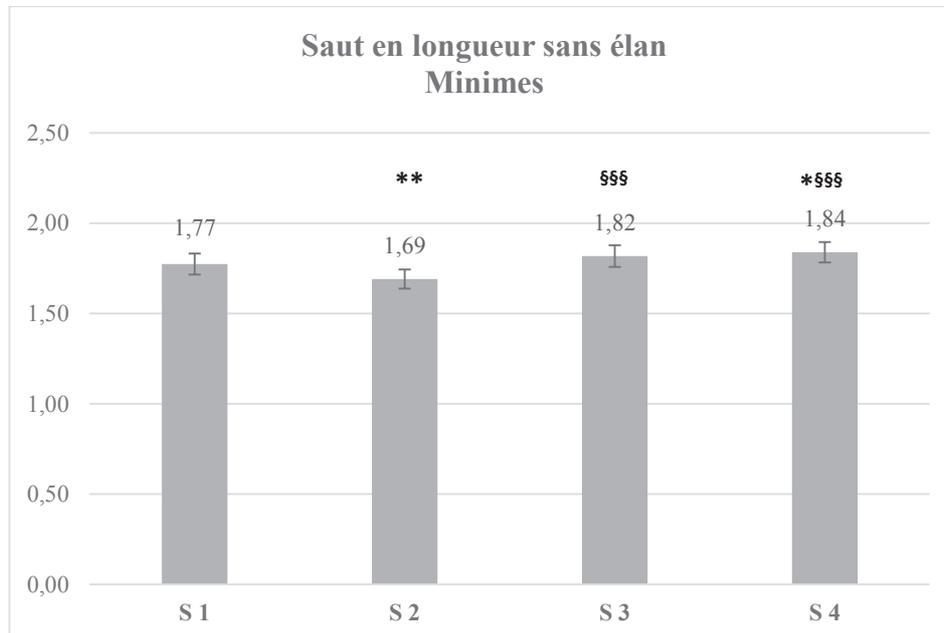


Figure 3.15b : Variations du test de saut en longueur sans élan par sessions chez les karatékas cadets.

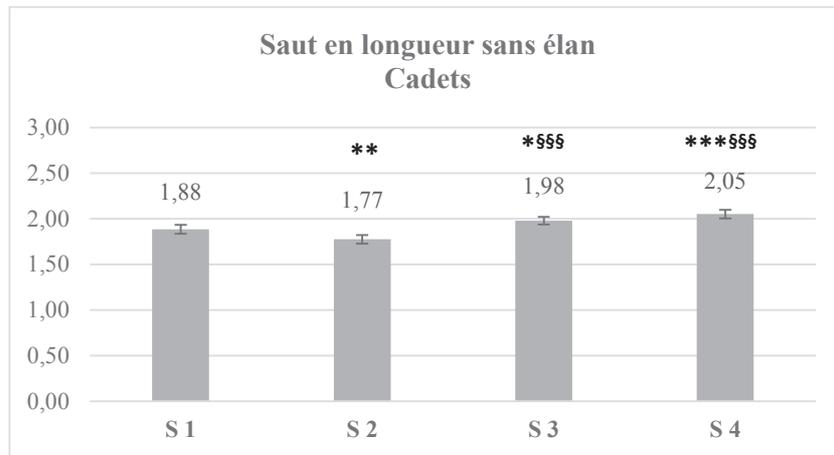


Figure 3.15c : Variations du test de saut en longueur sans élan par sessions chez les karatékas juniors.

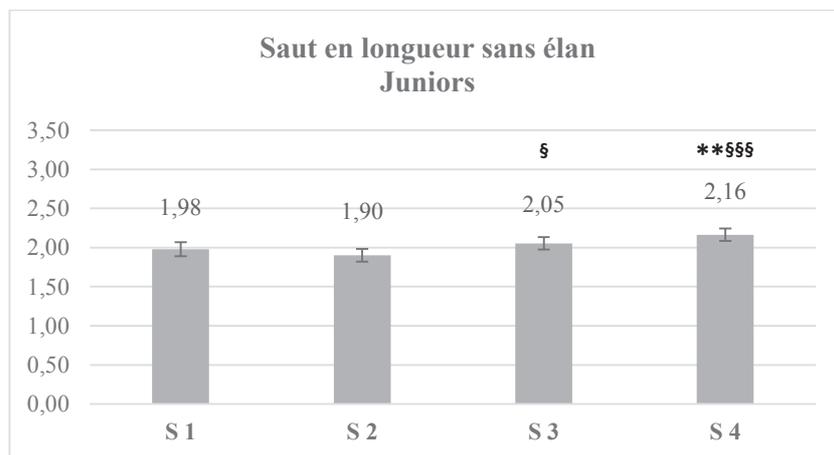


Figure 3.15d : Variations du test de saut en longueur sans élan par sessions chez les karatékas séniors.

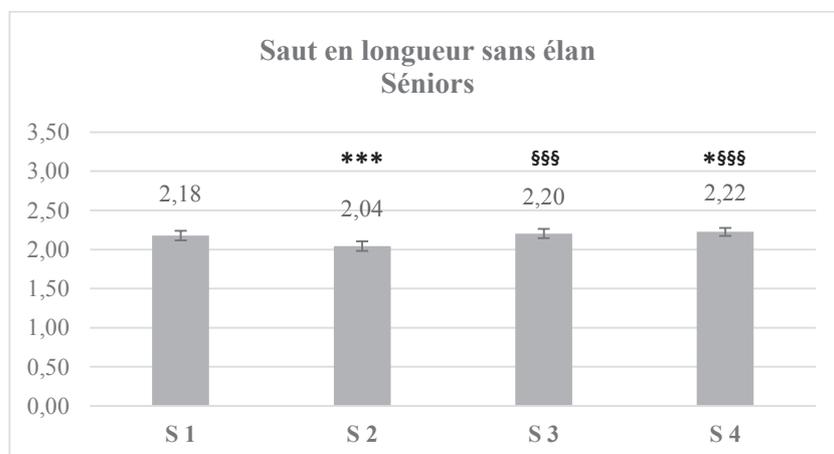
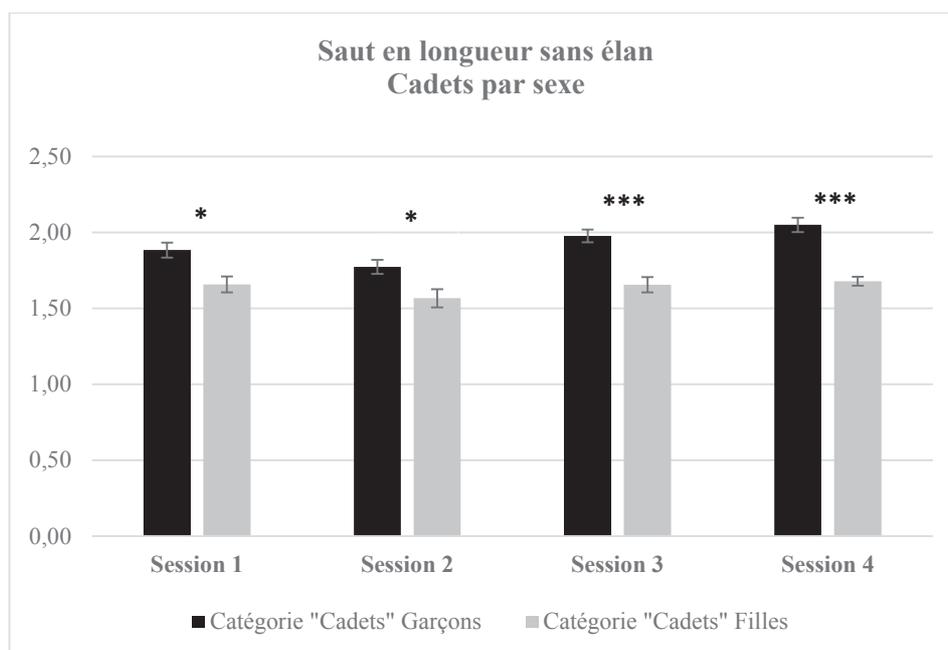


Figure 3.15 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$.

Figure 3.16 : Différence des résultats du Test de saut en longueur sans élan dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.13 : Saut en longueur sans élan par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|--|
| Session 1 | 1,77 \pm 0,06 | 1,88 \pm 0,05 | 1,98 \pm 0,09 [§] | 2,18 \pm 0,06 ^{§§§ §§§ §§§ ^} |
| Session 2 | 1,69 \pm 0,05 | 1,77 \pm 0,05 | 1,90 \pm 0,08 [§] | 2,04 \pm 0,06 ^{§§§ §§§ §§§} |
| Session 3 | 1,82 \pm 0,06 | 1,98 \pm 0,04 [§] | 2,05 \pm 0,08 ^{§§} | 2,20 \pm 0,06 ^{§§§ §§§ §§§} |
| Session 4 | 1,84 \pm 0,06 | 2,05 \pm 0,05 ^{§§} | 2,16 \pm 0,08 ^{§§§} | 2,22 \pm 0,05 ^{§§§ §§§ §§§} |

Valeurs moyennes \pm SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; §§ : à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; §§ : à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$; ^ : différence significative par rapport à la catégorie juniors à $P < 0,05$.

Figure 3.17 : Variations du test de saut en longueur sans élan par catégories chez les karatékas.

Figure 3.17a : Variations du test de saut en longueur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 1.

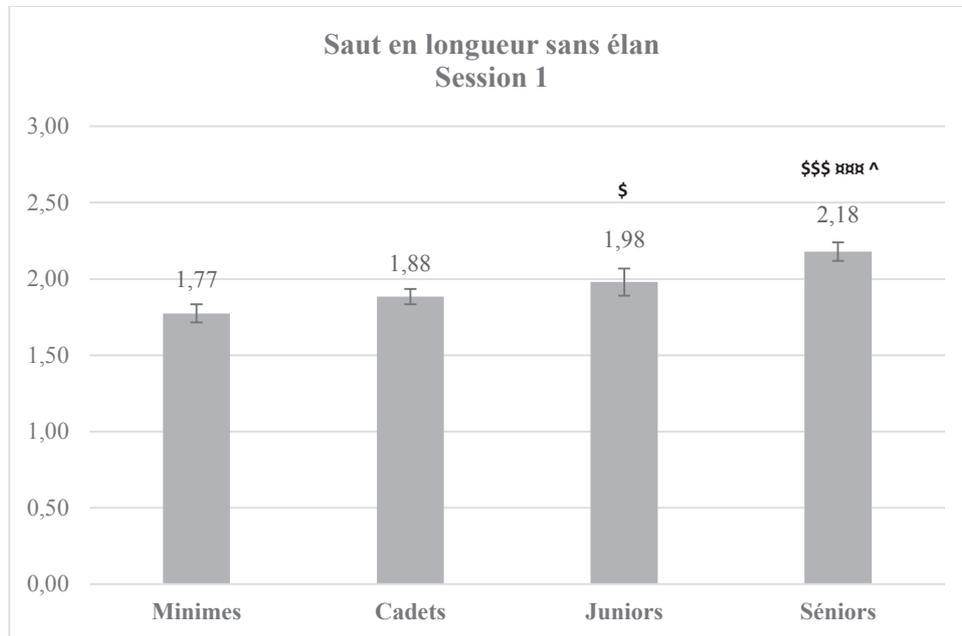


Figure 3.17b : Variations du test de saut en longueur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 2.

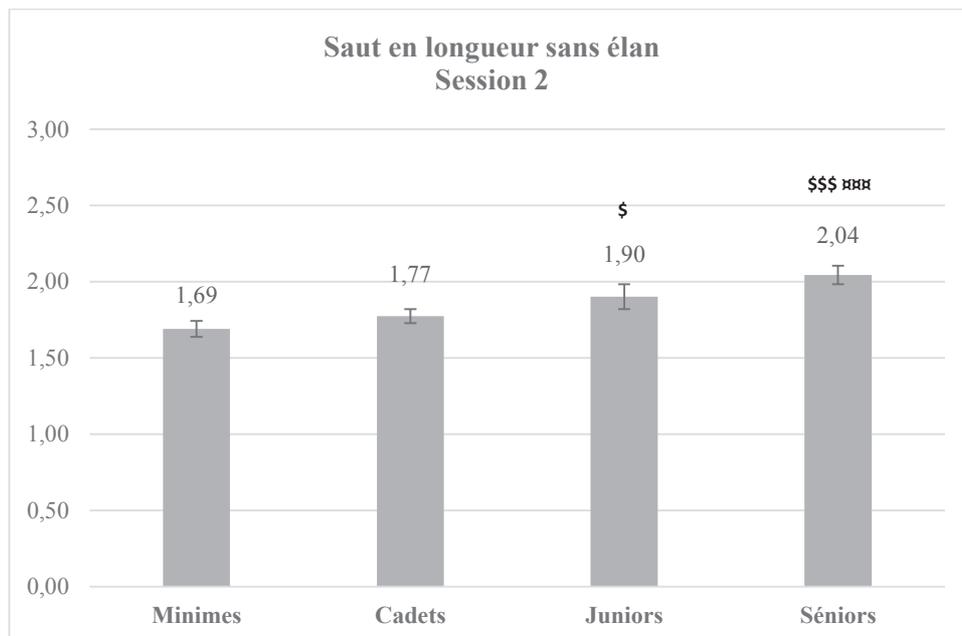


Figure 3.17c : Variations du test de saut en longueur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 3.

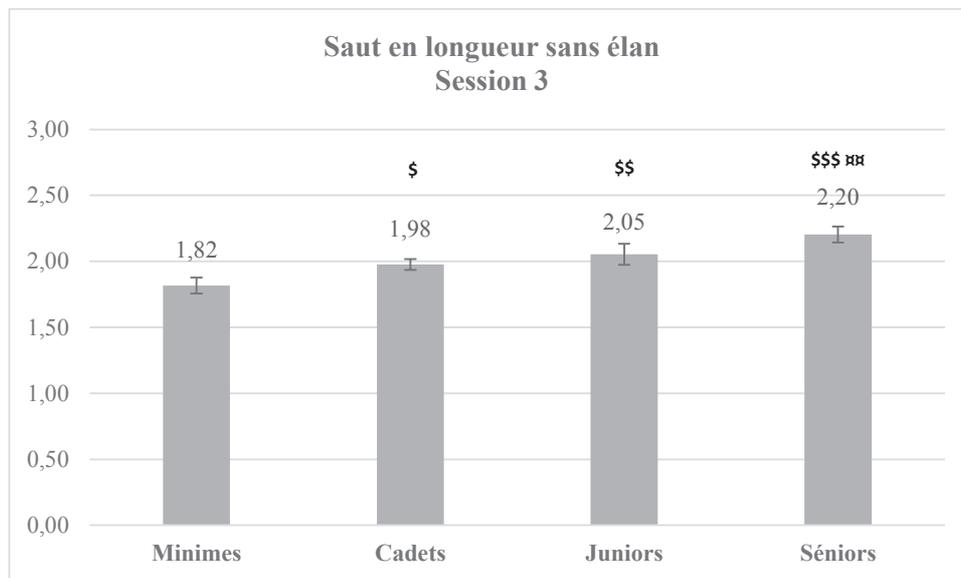


Figure 3.17d : Variations du test de saut en longueur sans élan par catégories chez les karatékas à la session 4.

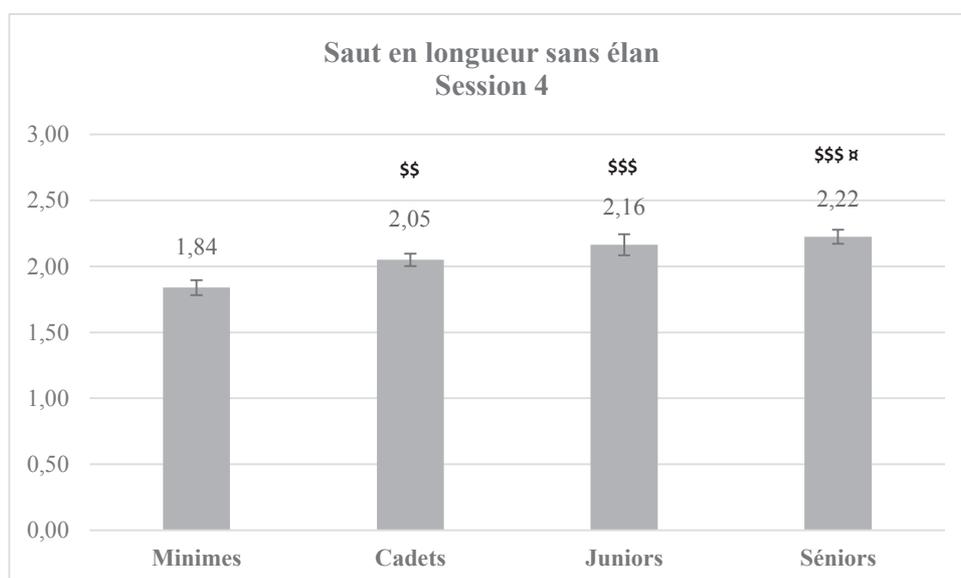


Figure 3.17 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$; ^ : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; ^^ : à $P < 0,01$; ^^^ : à $P < 0,001$; ^ : différence significative par rapport à la catégorie juniors à $P < 0,05$.

3.2.5) Lancer de medecine-ball

Les valeurs moyennes des résultats du test « lancer de medecine-ball » sont représentées dans les tableaux 3.14 et 3.15 en mètre.

Les résultats indiquent une diminution significative des performances entre la session 1 et la session 2 ($P < 0,001$) pour toutes les catégories, suivie d'une stabilisation des performances entre la session 2 et la session 3, à $p < 0,001$ pour les minimes, cadets et séniors et à $P < 0,01$ pour les juniors. Une amélioration significative est ensuite observée à la session 4, avec les mêmes degrés de significativité qu'à la session 3 (Tableau 3.14).

Pour les cadettes, aucune différence significative n'est constatée entre les trois premières sessions de test. Alors qu'une amélioration significative des performances est relevée à la session 4 à $P < 0,01$ par rapport à la session 3.

Entre catégories (Tableau 3.15), les résultats montrent qu'il n'existe aucune différence significative entre les performances, des différentes catégories, dans le test du lancer de medecine-ball à la session 1. A la session 2, une différence significative est observée entre les cadets et les minimes ($P < 0,001$) ainsi qu'entre les séniors et les minimes ($P < 0,001$). Les résultats de la session 3 indiquent une différence significative entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$), les juniors et les minimes ($P < 0,05$) et entre les séniors et les minimes ($P < 0,001$). Ces différences subsistent toujours à la 4^{ème} session de tests, sauf pour les juniors et minimes où aucune différence significative n'est relevée.

Les résultats de la catégorie « cadets » présentent l'existence d'une différence significative entre les performances des filles et des garçons et ce à toutes les sessions de tests ($P < 0,001$) (Fig. 3.17).

Tableau 3.14 : Lancer de medecine-ball par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| Minimes | | 3,69 ± 0,16 | 3,17 ± 0,14*** | 3,22 ± 0,14*** | 3,62 ± 0,13 ^{\$\$\$} ### |
| Cadets | Garçons | 4,16 ± 0,18 | 3,73 ± 0,14*** | 3,77 ± 0,12*** | 4,10 ± 0,14 ^{\$\$\$} ### |
| | Filles | 2,64 ± 0,17 | 2,50 ± 0,11 | 2,60 ± 0,14 | 2,99 ± 0,19 ^{**\$\$\$} ## |
| Juniors | | 4,04 ± 0,26 | 3,71 ± 0,27*** | 3,79 ± 0,26** | 4,08 ± 0,26 ^{\$\$\$} ## |
| Séniors | | 4,45 ± 0,23 | 4,11 ± 0,24*** | 4,20 ± 0,22*** | 4,49 ± 0,21 ^{\$\$\$} ### |

Valeurs moyennes \pm SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,001$; ## : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,01$; ### : à $P < 0,001$.

Figure 3.18 : Variations du test de lancer de medecine-ball par sessions chez les karatékas.

Figure 3.18a : Variations du test de lancer de medecine-ball par sessions chez les karatékas minimes.

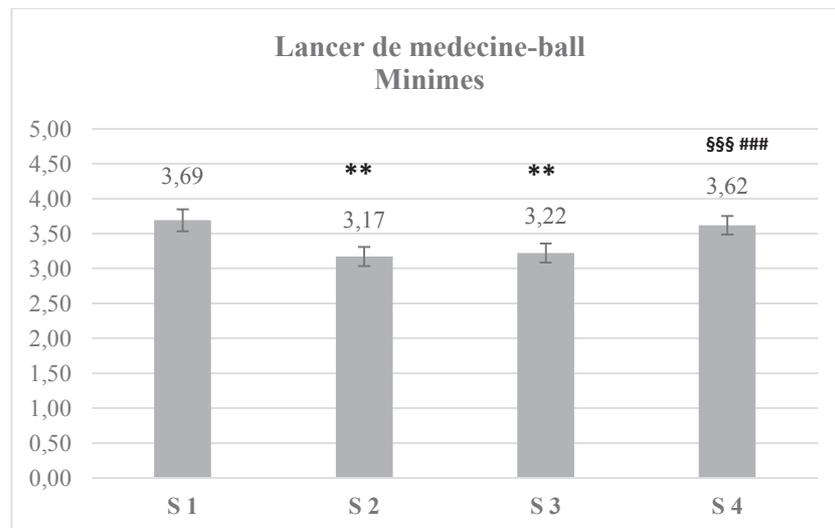


Figure 3.18b : Variations du test de lancer de medecine-ball par sessions chez les karatékas cadets.

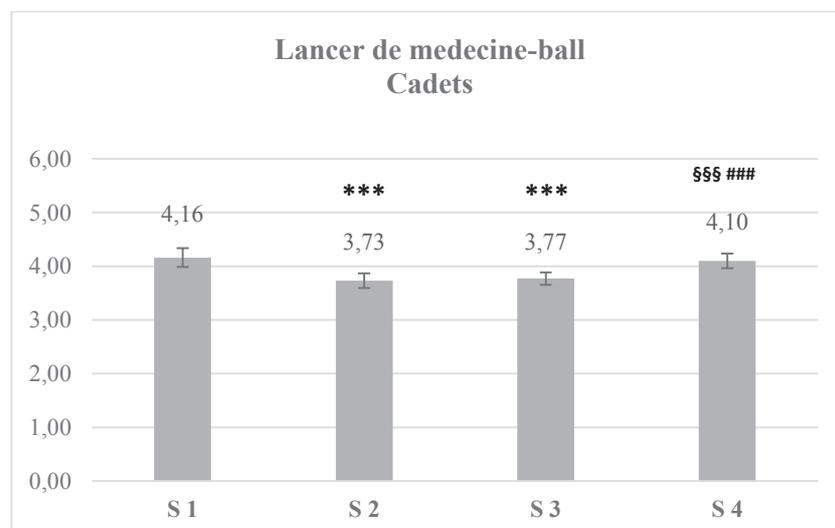


Figure 3.18c : Variations du test de lancer de medecine-ball par sessions chez les karatékas juniors.

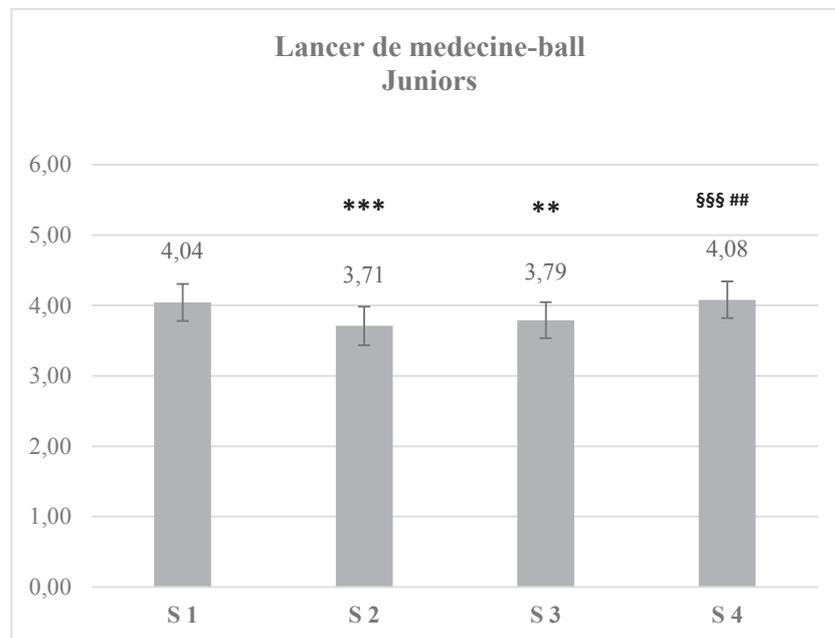


Figure 3.18d : Variations du test de lancer de medecine-ball par sessions chez les karatékas séniors.

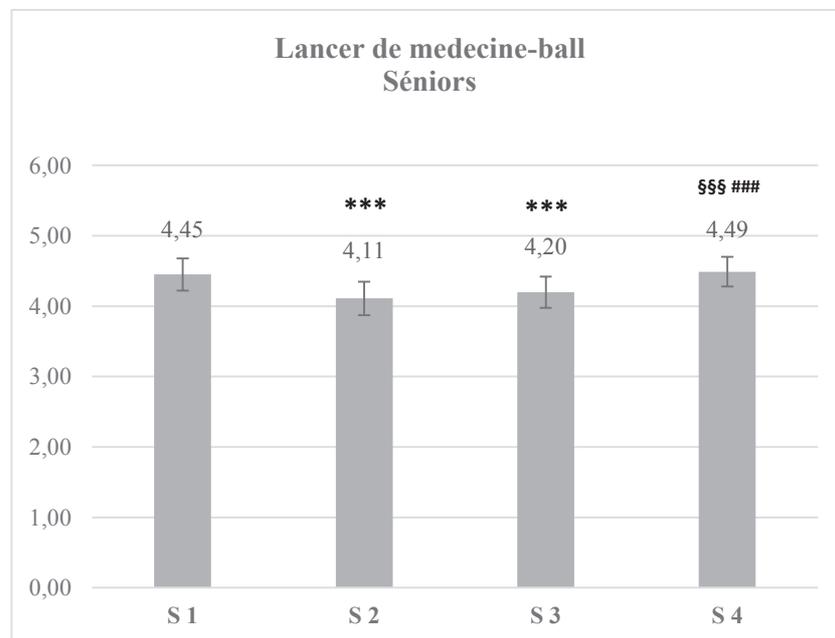
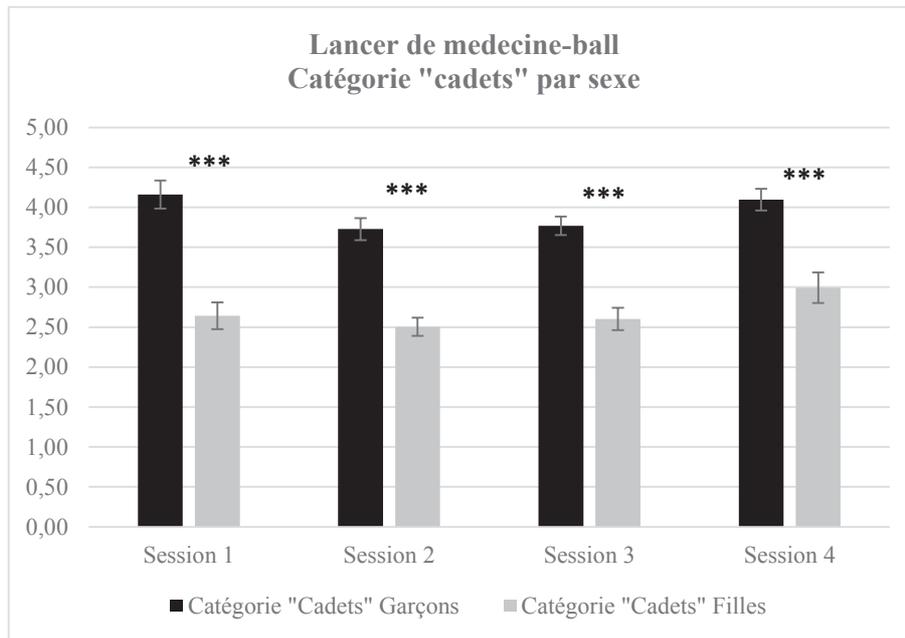


Figure 3.18 a, b, c, d : Valeurs moyennes ± SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; \$\$\$: différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,001$; ## : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,01$; ### : à $P < 0,001$.

Figure 3.19 : Différence des résultats du Test de lancer de medecine-ball dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes ± SEM ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,001 ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.15 : Lancer de medecine-ball par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Session 1 | 3,69 ± 0,16 | 4,16 ± 0,18 | 4,04 ± 0,26 | 4,45 ± 0,23 |
| Session 2 | 3,17 ± 0,14 | 3,73 ± 0,14 ^{\$\$\$} | 3,71 ± 0,27 ^{\$\$\$} | 4,11 ± 0,24 ^{\$\$\$} |
| Session 3 | 3,22 ± 0,14 | 3,77 ± 0,12 [§] | 3,79 ± 0,26 [§] | 4,20 ± 0,22 ^{\$\$\$} |
| Session 4 | 3,62 ± 0,13 | 4,10 ± 0,14 [§] | 4,08 ± 0,26 | 4,49 ± 0,21 ^{\$\$\$} |

Valeurs moyennes ± SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; \$\$\$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,001.

Figure 3.20 : Variations du test de lancer de medecine-ball par catégories chez les karatékas.

Figure 3.20a : Variations du test de lancer de medecine-ball par catégories chez les karatékas à la session 1.

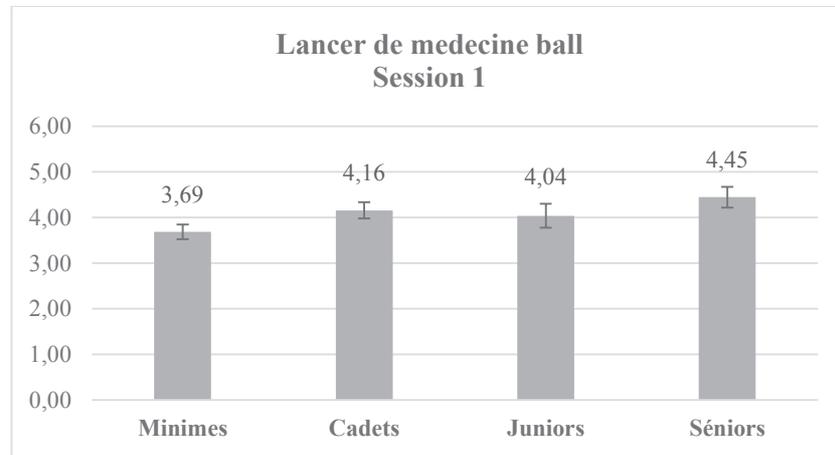


Figure 3.20b : Variations du test de lancer de medecine-ball par catégories chez les karatékas à la session 2.

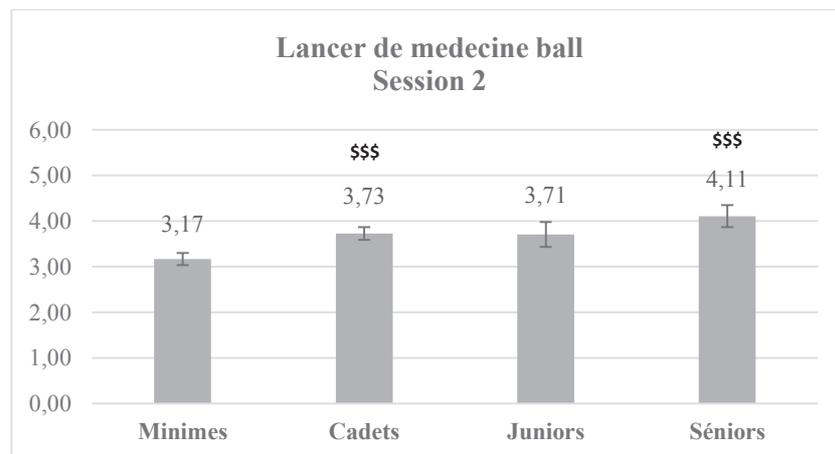


Figure 3.20c : Variations du test de lancer de medecine-ball par catégories chez les karatékas à la session 3.

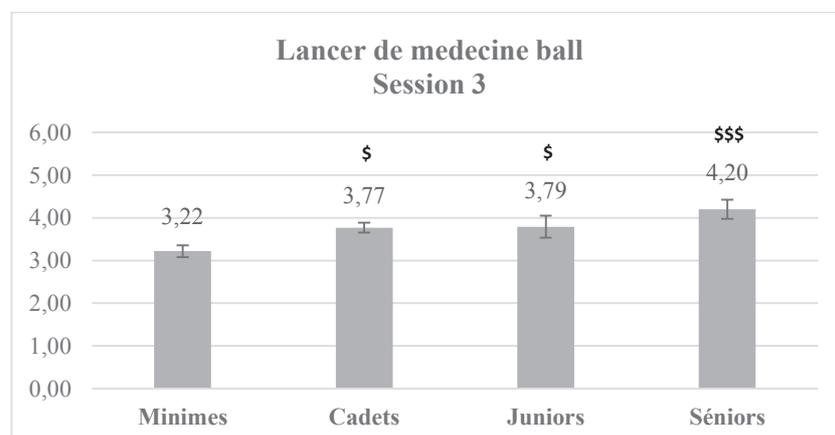


Figure 3.20d : Variations du test de lancer de medecine-ball par catégories chez les karatékas à la session 4.

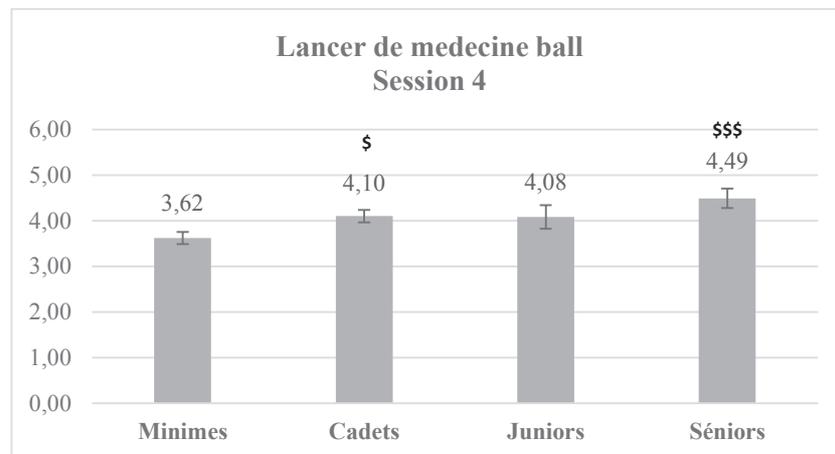


Figure 3.20 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$\$: à $P < 0,001$.

3.2.5) Sit up

Les tableaux 3.16 et 3.17 représentent les valeurs moyennes des résultats du test « sit up », par catégorie et par session.

Les résultats montrent que pour les minimes et les séniors, une stabilisation des résultats est observée à la session 2 par rapport à la session 1. Une amélioration significative des performances est relevée à la 3^{ème} session par rapport à la 2^{ème} session à $P < 0,001$ pour les minimes et à $P < 0,01$ pour les séniors. Cependant à la 4^{ème} session, les résultats indiquent une diminution significative des performances par rapport à la 3^{ème} session ($P < 0,01$).

Aucune différence significative n'est observée entre les performances des différentes sessions pour les cadets, les juniors ainsi que pour les cadettes (Tableau 3.16).

Entre catégories, aucune différence significative n'est observée entre les différentes catégories à la session 1. A la session 2, une différence significative est relevée entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$), les juniors et les minimes ($P < 0,05$) et les séniors et les minimes ($P < 0,05$). Les résultats des sessions 3 et 4 montrent des différences significatives entre cadets et minimes ($P < 0,01$) ainsi qu'entre séniors et minimes à $P < 0,01$ à la session 3 et à $P < 0,05$ à la session 4 (Tableau 3.17).

Pour la catégorie « cadets », une différence significative existe entre les performances des filles et des garçons dans les différentes sessions de tests. Elle est à $P < 0,05$ à la session 1, à $P < 0,01$ à la session 2, à $P < 0,001$ à la session 3 et à $P < 0,05$ à la session 4 (Fig. 3.18).

Tableau 3.16 : Sit up par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| Minimes | | 21,44 ± 1,26 | 21,19 ± 1,27 | 22,94 ± 1,05***§§§ | 21,50 ± 0,99 ^{##} |
| Cadets | Garçons | 24,75 ± 0,63 | 24,85 ± 0,81 | 27,70 ± 0,80 | 25,45 ± 0,82 |
| | Filles | 21,63 ± 1,00 | 19,75 ± 1,28 | 22,75 ± 0,92 | 21,25 ± 1,45 |
| Juniors | | 24,25 ± 0,91 | 25,33 ± 1,29 | 25,92 ± 1,25 | 23,67 ± 1,39 |
| Séniors | | 24,73 ± 1,37 | 25,53 ± 1,40 | 27,13 ± 1,38*** §§ | 25,47 ± 1,26 ^{##} |

Valeurs moyennes ± SEM ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$; ^{##} : différence

significative par rapport à la session 3 à $P < 0,01$; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.21 : Variations du test Sit Up par sessions chez les karatékas.

Figure 3.21a : Variations du test Sit Up par sessions chez les karatékas minimes.

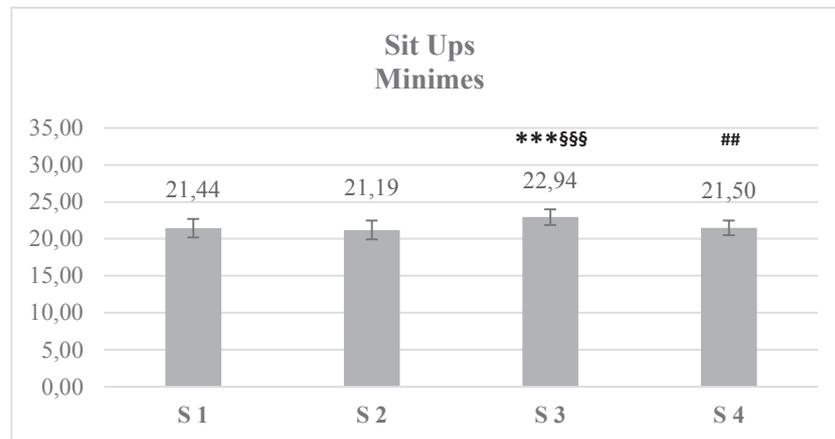


Figure 3.21b : Variations du test Sit Up par sessions chez les karatékas cadets.

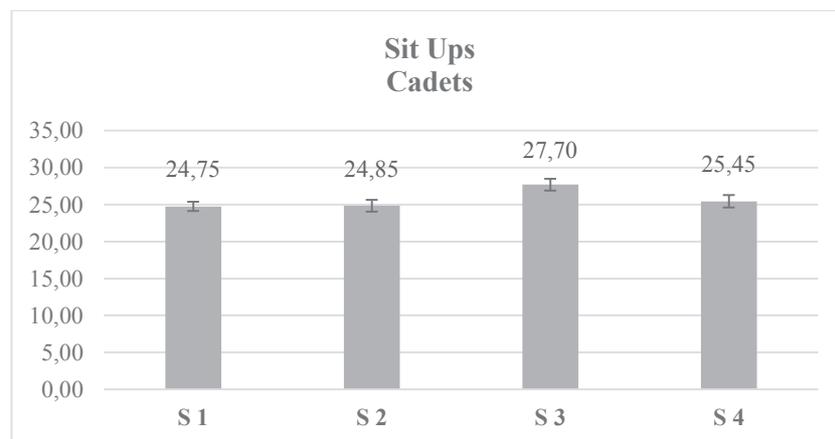


Figure 3.21c : Variations du test Sit Up par sessions chez les karatékas juniors.

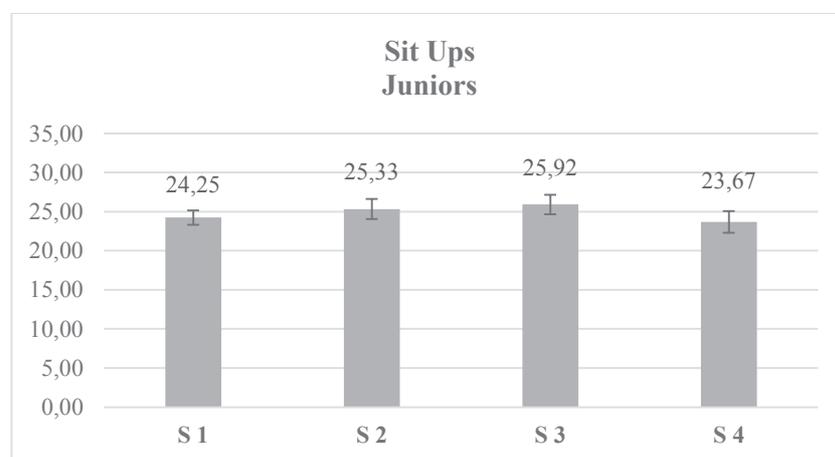


Figure 3.21a : Variations du test Sit Up par sessions chez les karatékas minimes.

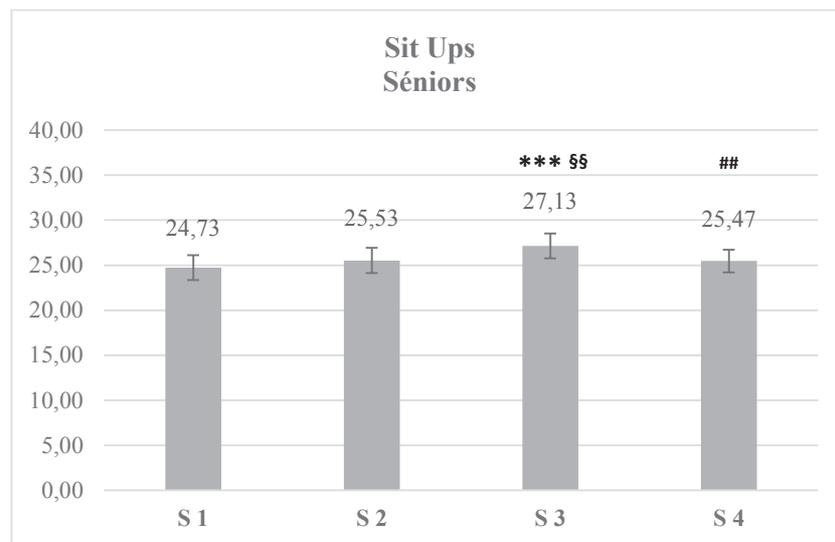
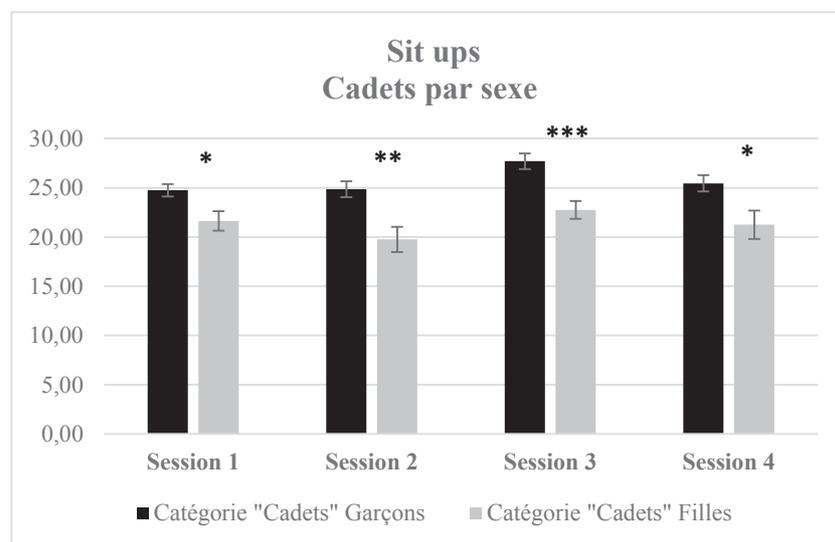


Figure 3.21 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$; ## : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,01$.

Figure 3.22 : Différence des résultats du Test Sit up dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.17 : Sit up par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|----------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Session 1 | 21,44 ± 1,26 | 24,75 ± 0,63 | 24,25 ± 0,91 | 24,73 ± 1,37 |
| Session 2 | 21,19 ± 1,27 | 24,85 ± 0,81 [§] | 25,33 ± 1,29 [§] | 25,53 ± 1,40 [§] |
| Session 3 | 22,94 ± 1,05 | 27,70 ± 0,80 ^{§§} | 25,92 ± 1,25 | 27,13 ± 1,38 ^{§§} |
| Session 4 | 21,50 ± 0,99 | 25,45 ± 0,82 ^{§§} | 23,67 ± 1,39 | 25,47 ± 1,26 [§] |

Valeurs moyennes ± SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; §§ : à P<0,01.

Figure 3.23 : Variations du test Sit Up par catégories chez les karatékas.

Figure 3.23a : Variations du test Sit Up par catégories chez les karatékas à la session 1.

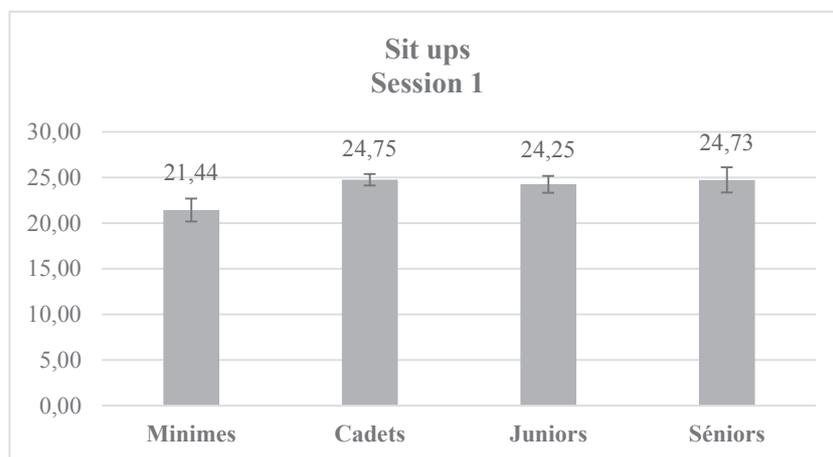


Figure 3.23b : Variations du test Sit Up par catégories chez les karatékas à la session 2.

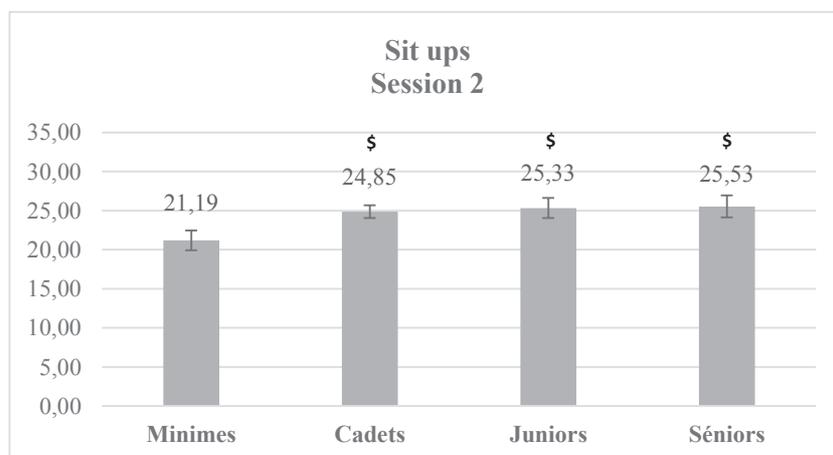


Figure 3.23c : Variations du test Sit Up par catégories chez les karatékas à la session 3.

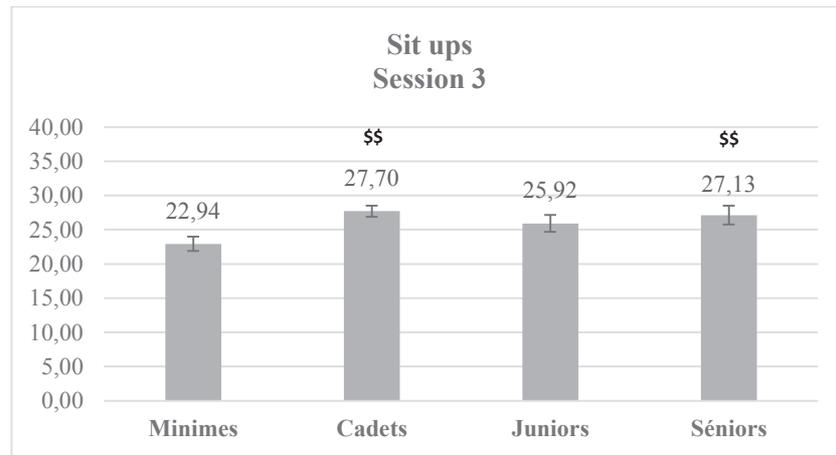


Figure 3.23d : Variations du test Sit Up par catégories chez les karatékas à la session 4.

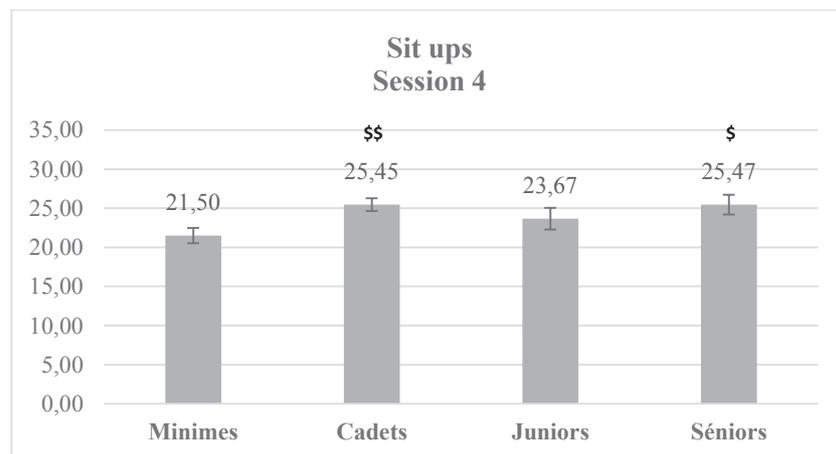


Figure 3.23 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$.

3.2.6) Maximum de pompes

Les valeurs moyennes des résultats du test « maximum de pompes » sont représentées dans les tableaux 3.18 et 3.19.

Les résultats montrent que pour les minimes, aucune différence significative n'est relevée entre les différentes sessions de tests.

Pour les cadets une stabilisation des performances est observée entre la session 2 et la session 1, suivi d'une diminution significative à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,05$) et ensuite d'une amélioration significative à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,05$).

Pour les juniors, aucune différence significative n'est observée entre la session 1, la session 2 et la session 3. Toutefois, une amélioration significative des performances est observée à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,01$).

Les résultats des séniors indiquent une stabilisation des performances entre la session 2 et la session 1, suivie d'une diminution significative entre à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,05$) et enfin d'une augmentation significative des performances à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,001$).

Pour les cadettes, aucune différence significative n'est observée entre les trois premières sessions de tests. Une augmentation des performances est observée à la 4^{ème} session. Celle-ci est significative par rapport aux résultats de la 1^{ème} session ($P < 0,05$) et de la 2^{ème} session ($P < 0,05$) mais pas par rapport à ceux de la 3^{ème} session (Tableau 3.18).

Entre catégories, à la 1^{ère} session de tests, une différence significative est observée entre les cadets et les minimes ($P < 0,001$), les juniors et les minimes ($P < 0,05$) et les séniors et les minimes ($P < 0,001$). Le même constat est fait pour les résultats de la session 2, avec une différence significative à $P < 0,05$ entre les cadets et les minimes, à $P < 0,05$ entre les juniors et les minimes et à $P < 0,01$ entre les séniors et les minimes. Les résultats de la session 3 montrent une différence significative entre juniors et minimes ($P < 0,05$) et entre séniors et minimes ($P < 0,01$). A la session 4, une différence significative est relevée entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$), les juniors et les minimes ($P < 0,01$) ainsi qu'entre les séniors et les minimes ($P < 0,001$) (Tableau 3.19).

Les résultats des cadets (Fig. 3.23) révèlent l'existence d'une différence significative entre garçons et filles à $P < 0,001$ à la session 1, à $P < 0,01$ à la session 2, à $P < 0,05$ à la session 3 ainsi qu'à la session 4.

Tableau 3.18 : Maximum de pompes par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|
| Minimes | | 19,81 ± 2,13 | 22,75 ± 1,99 | 22,44 ± 1,72 | 24,19 ± 2,39 |
| Cadets | Garçons | 37,00 ± 3,28 | 33,75 ± 2,91 | 29,30 ± 2,22***§ | 34,20 ± 2,62 [#] |
| | Filles | 16,38 ± 1,48 | 16,75 ± 2,47 | 19,25 ± 2,19 | 22,25 ± 3,42*§ |
| Juniors | | 31,67 ± 3,13 | 34,83 ± 2,96 | 32,00 ± 2,63 | 38,42 ± 3,41**### |
| Séniors | | 37,60 ± 4,44 | 37,73 ± 4,92 | 33,93 ± 3,83*§ | 40,13 ± 4,50### |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$; ## à $P < 0,01$; ### : à $P < 0,001$.

Figure 3.24 : Variations du test Maximum de pompes par sessions chez les karatékas.

Figure 3.24a : Variations du test Maximum de pompes par sessions chez les karatékas minimes.

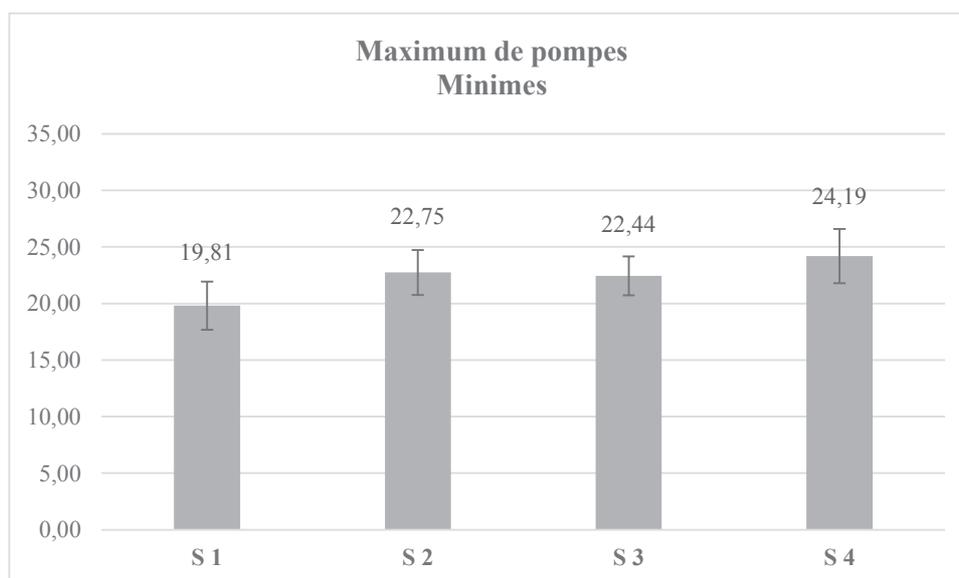


Figure 3.24b : Variations du test Maximum de pompes par sessions chez les karatékas cadets.

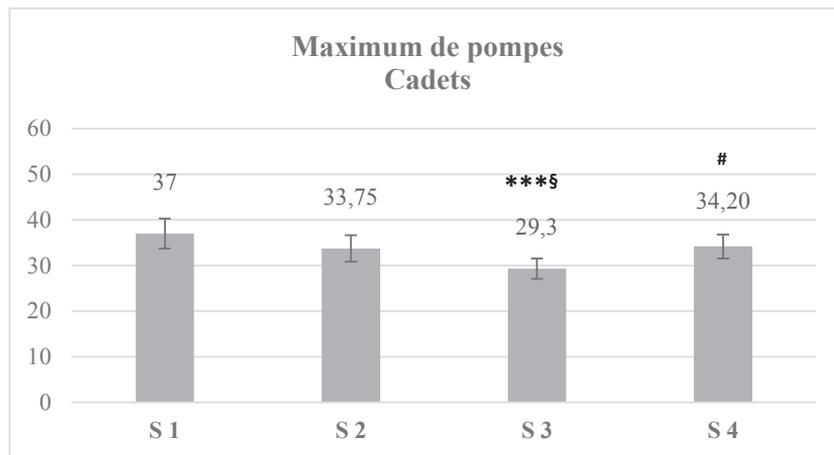


Figure 3.24c : Variations du test Maximum de pompes par sessions chez les karatékas juniors.

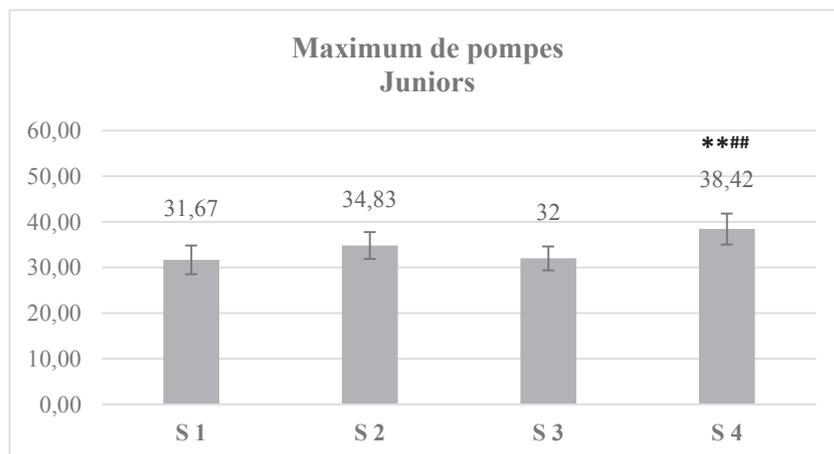


Figure 3.24d : Variations du test Maximum de pompes par sessions chez les karatékas séniors.

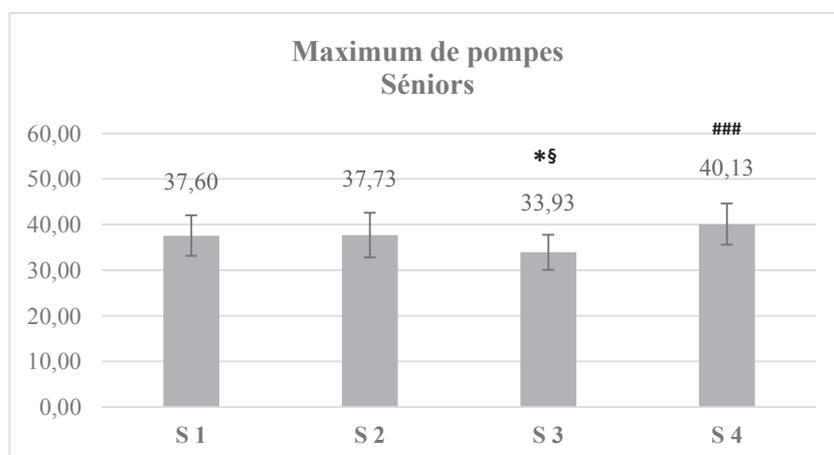
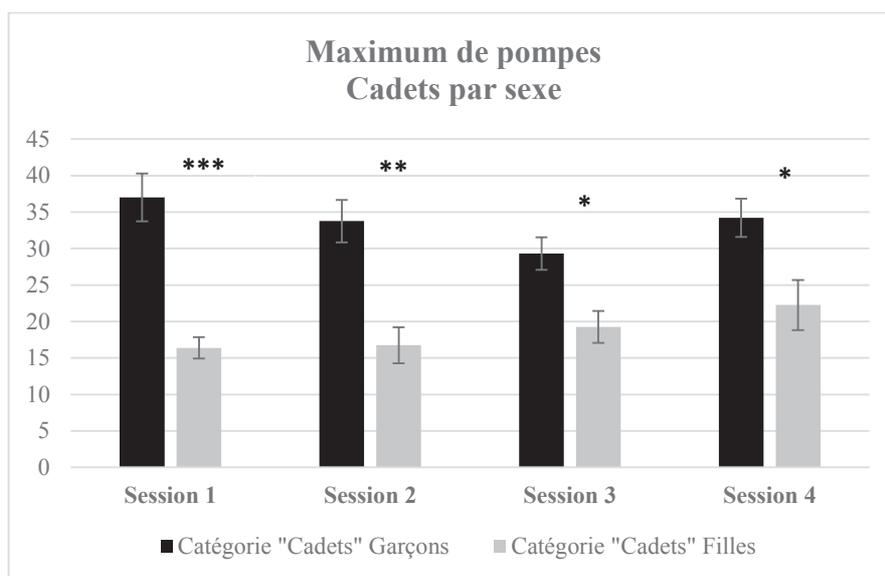


Figure 3.24 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$; ## : à $P < 0,01$; ### $P < 0,001$; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.25 : Différence des résultats du Test Maximum de pompes dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.19 : Maximum de pompes par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|-----------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Session 1 | 19,81 \pm 2,13 | 37,00 \pm 3,28 ^{\$\$\$} | 31,67 \pm 3,13 [§] | 37,60 \pm 4,44 ^{\$\$\$} |
| Session 2 | 22,75 \pm 1,99 | 33,75 \pm 2,91 [§] | 34,83 \pm 2,96 [§] | 37,73 \pm 4,92 ^{§§} |
| Session 3 | 22,44 \pm 1,72 | 29,30 \pm 2,22 | 32,00 \pm 2,63 [§] | 33,93 \pm 3,83 ^{§§} |
| Session 4 | 24,19 \pm 2,39 | 34,20 \pm 2,62 [§] | 38,42 \pm 3,41 ^{§§} | 40,13 \pm 4,50 ^{\$\$\$} |

Valeurs moyennes \pm SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; §§ : à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$.

Figure 3.26 : Variations du test Maximum de pompes par catégories chez les karatékas.

Figure 3.26a : Variations du test Maximum de pompes par catégories chez les karatékas à la session 1.

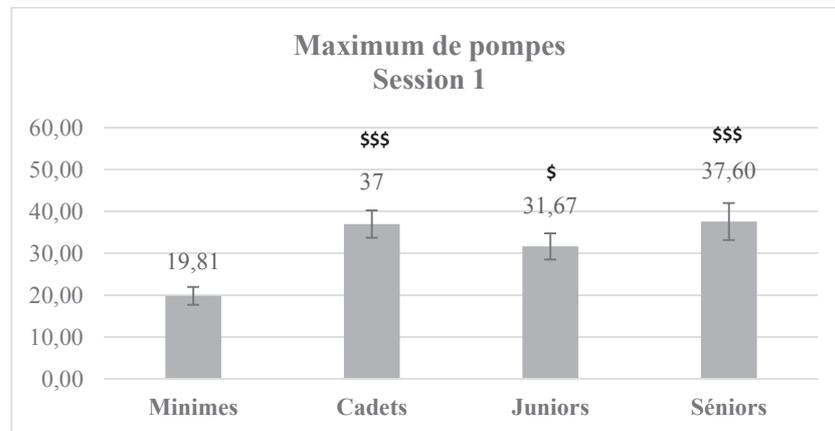


Figure 3.26b : Variations du test Maximum de pompes par catégories chez les karatékas à la session 2.

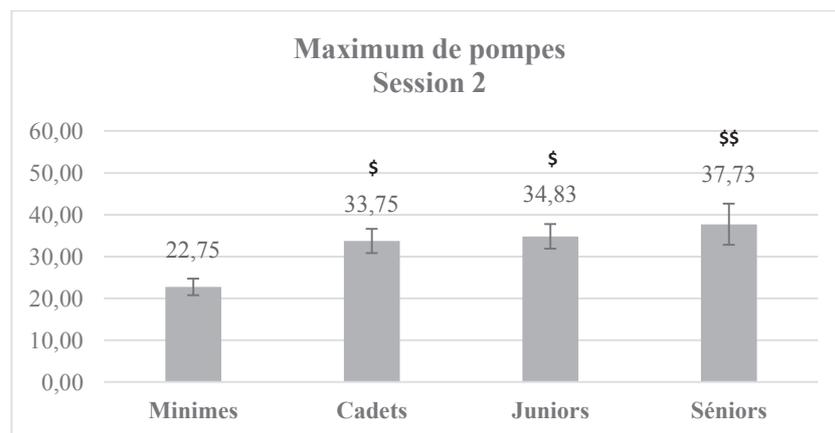


Figure 3.26c : Variations du test Maximum de pompes par catégories chez les karatékas à la session 3.

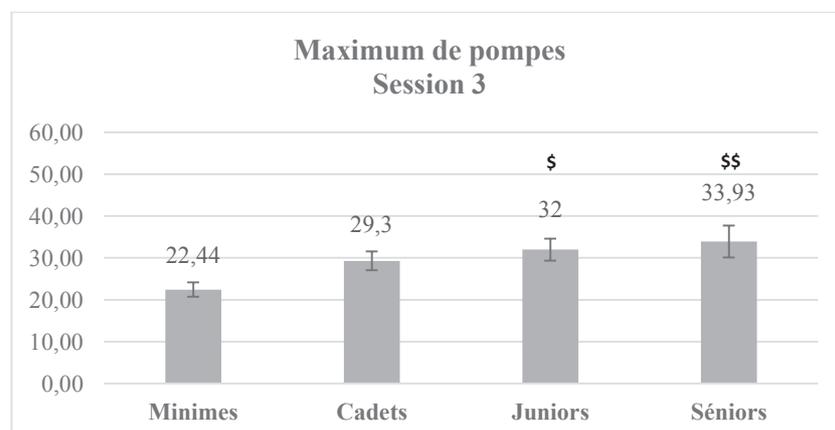


Figure 3.26d : Variations du test Maximum de pompes par catégories chez les karatékas à la session 4.

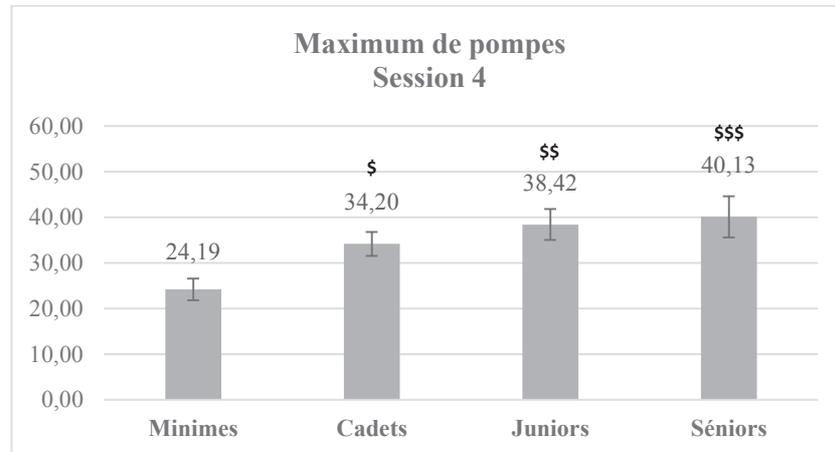


Figure 3.26 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$.

3.2.7) 20m Navette

Les valeurs moyennes des résultats du test « 20m Navette » par catégories et par sessions sont présentées dans les tableaux 3.20 et 3.21. Ces résultats sont présentés en termes de VO_2 max en $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$

Les résultats montrent une stabilisation des performances à la session 2 par rapport à la session 1 pour les différentes catégories d'âge, sauf pour les minimes, chez qui une amélioration significative des performances est observée ($P < 0,001$). Une amélioration significative des performances, pour toutes les catégories, est relevée à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,001$), ainsi qu'à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,001$). Le même constat est fait pour les cadettes, avec une stabilisation des performances entre la session 2 et la session 1 (Tableau 3.20).

Entre catégories, la comparaison des valeurs enregistrées lors de la première session de tests, montre une différence significative entre cadets et minimes ($P < 0,05$), juniors et minimes ($P < 0,001$) et séniors et minimes ($P < 0,001$). Les résultats de la deuxième session indiquent une différence significative seulement entre les juniors et les minimes ($P < 0,01$). Cependant, aucune différence significative n'est relevée entre les différentes catégories à la troisième session. A la quatrième session, une différence significative est enregistrée entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$) ainsi qu'entre les juniors et les minimes ($P < 0,01$) (Tableau 3.21).

Pour les cadets, une différence significative est observée entre les filles et les garçons à la session 2 ($P < 0,01$), à la session 3 ($P < 0,01$) et à la session 4 ($P < 0,01$) (Fig. 3.26).

Tableau 3.20 : 20m Navette par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Minimes | | 34,04 ± 1,55 | 37,78 ± 1,14*** | 44,52 ± 1,78***§§§ | 37,36 ± 1,07**### |
| Cadets | Garçons | 38,74 ± 1,25 | 41,25 ± 1,32 | 50,55 ± 1,70***§§§ | 41,31 ± 1,08### |
| | Filles | 34,35 ± 1,59 | 34,28 ± 1,80 | 40,14 ± 2,06***§§§ | 34,49 ± 1,70### |
| Juniors | | 41,93 ± 1,47 | 44,03 ± 2,15 | 50,48 ± 2,13***§§§ | 43,08 ± 2,10### |
| Séniors | | 40,68 ± 1,20 | 40,26 ± 1,28 | 46,91 ± 1,54***§§§ | 41,05 ± 1,35### |

Valeurs moyennes ± SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,001$; ### : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,001$.

Figure 3.27 : Variations du test 20m Navette par sessions chez les karatékas.

Figure 3.27a : Variations du test 20m Navette par sessions chez les karatékas minimes.

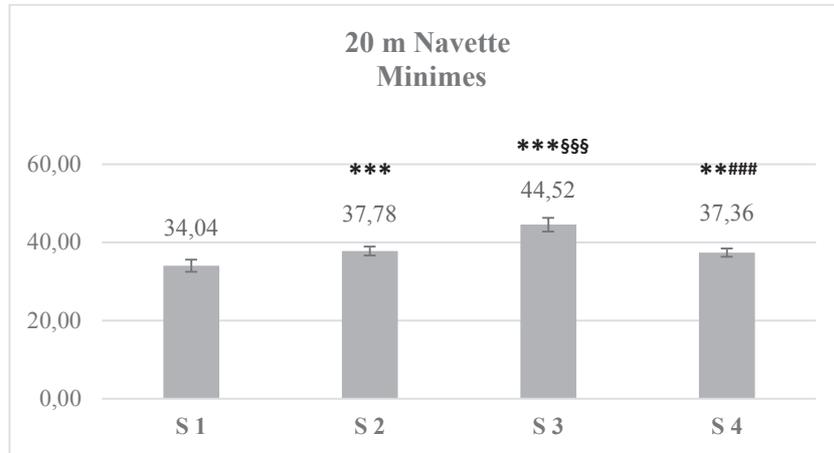


Figure 3.27b : Variations du test 20m Navette par sessions chez les karatékas cadets.

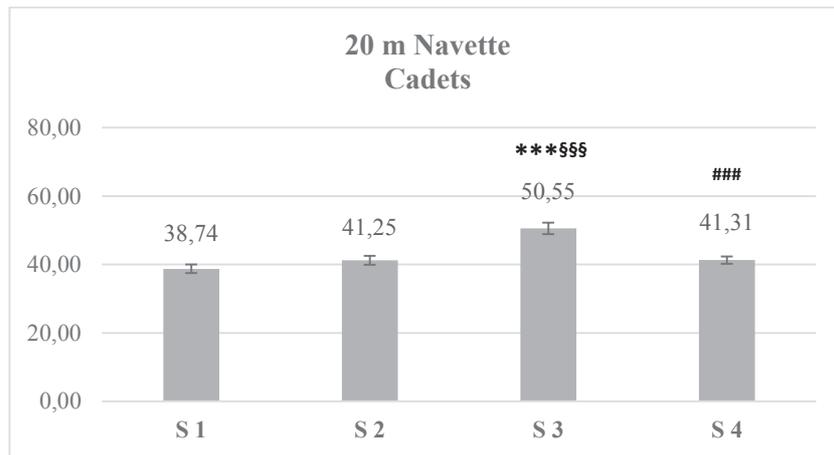


Figure 3.27c : Variations du test 20m Navette par sessions chez les karatékas juniors.

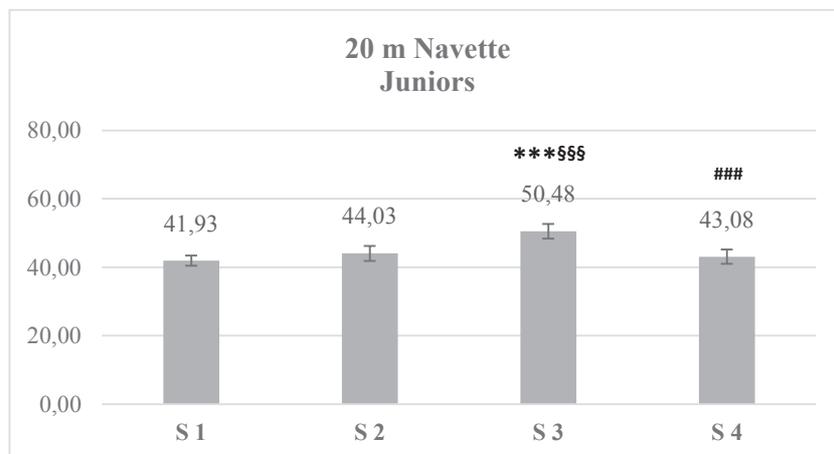


Figure 3.27d : Variations du test 20m Navette par sessions chez les karatékas séniors.

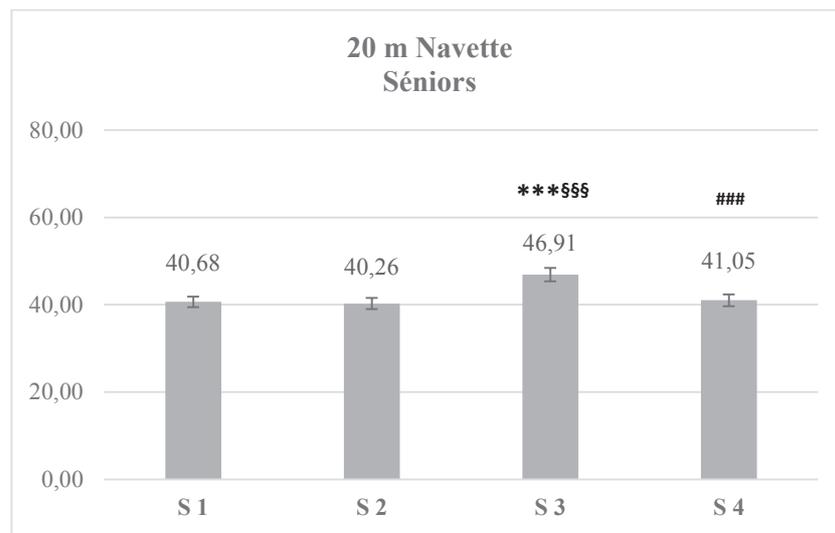
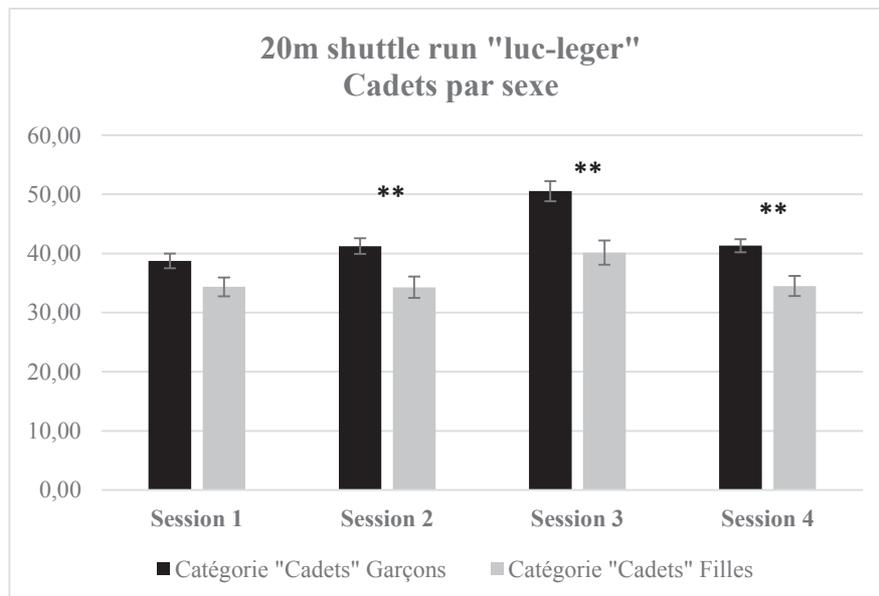


Figure 3.27 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,001$; ### : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,001$.

Figure 3.28 : Différence des résultats du Test 20m Navette dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$.

Tableau 3.21 : 20m Navette « Luc-Léger » par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|----------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Session 1 | 34,04 ± 1,55 | 38,74 ± 1,25 [§] | 41,93 ± 1,47 ^{\$\$\$} | 40,68 ± 1,20 ^{\$\$\$} |
| Session 2 | 37,78 ± 1,14 | 41,25 ± 1,32 | 44,03 ± 2,15 ^{\$\$} | 40,26 ± 1,28 |
| Session 3 | 44,52 ± 1,78 | 50,55 ± 1,70 | 50,48 ± 2,13 | 46,91 ± 1,54 |
| Session 4 | 37,36 ± 1,07 | 41,31 ± 1,08 [§] | 43,08 ± 2,10 ^{\$\$} | 41,05 ± 1,35 |

Valeurs moyennes ± SEM ; [§] : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; ^{\$\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,01 ; ^{\$\$\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,001.

Figure 3.29 : Variations du test 20m Navette par catégories chez les karatékas.

Figure 3.29a : Variations du test 20m Navette par catégories chez les karatékas à la session 1.

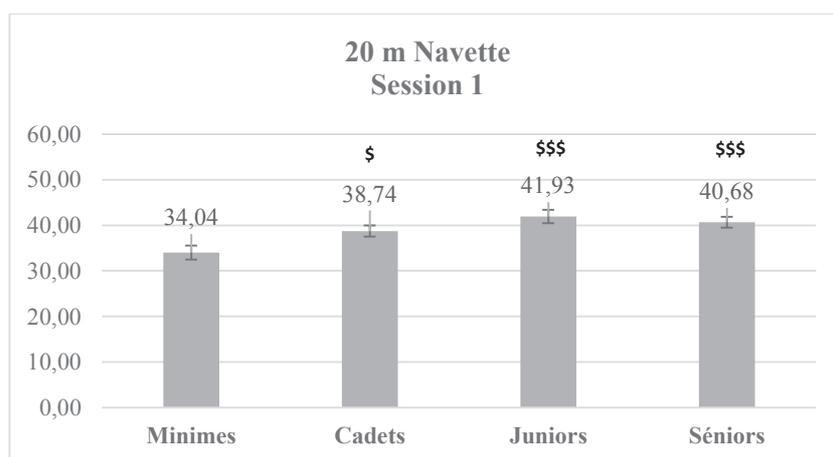


Figure 3.29b : Variations du test 20m Navette par catégories chez les karatékas à la session 2.

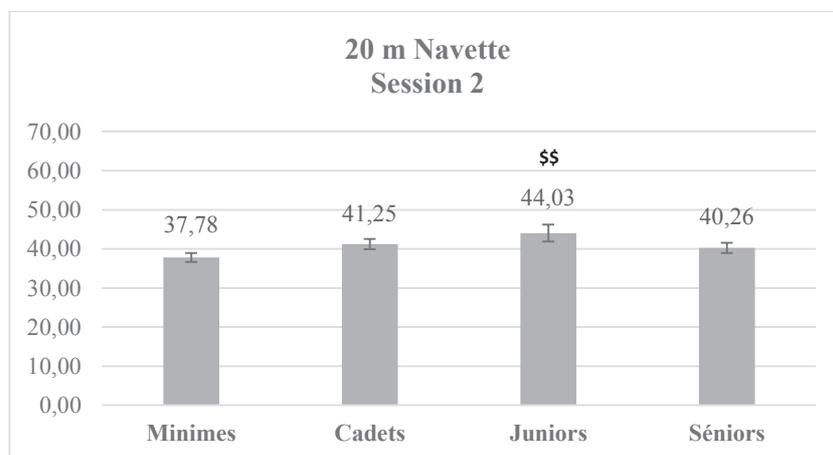


Figure 3.29c : Variations du test 20m Navette par catégories chez les karatékas à la session 3.

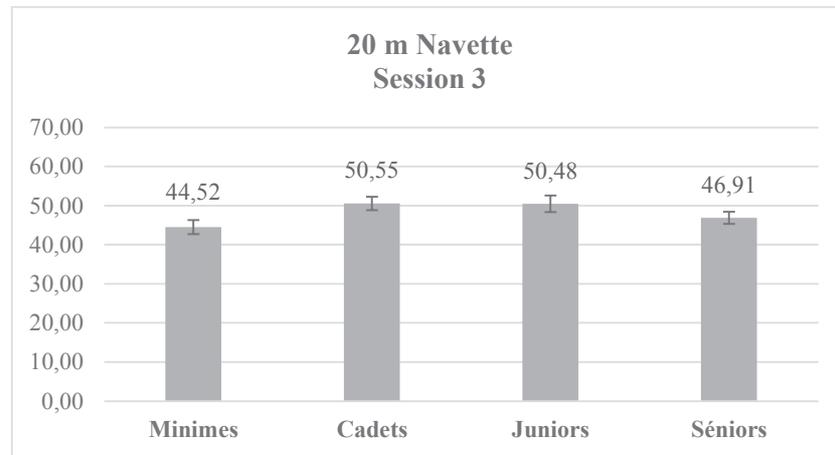


Figure 3.29d : Variations du test 20m Navette par catégories chez les karatékas à la session 4.

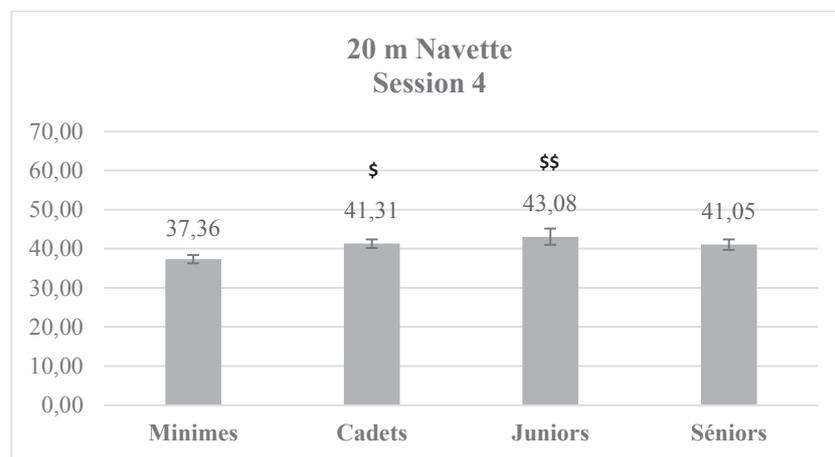


Figure 3.29 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$.

3.2.8) Course 10m

Les tableaux 3.22 et 3.23 présentent les valeurs moyennes des résultats du test de course sur 10m par catégories et par sessions en secondes.

Pour les minimes, une diminution des performances est observée à chaque nouvelle session de tests par rapport à la précédente. Elle est significative à la session 2 par rapport à la session 1 à $P < 0,05$, non significative à la session 3 par rapport à la session 2, mais devient significative à $P < 0,01$ par rapport à la session 1. A la session 4, cette diminution n'est pas significative par rapport à la session 3, mais elle est significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$ et par rapport à la session 2 à $P < 0,01$.

Les résultats des cadets et des juniors montrent une stabilisation des performances entre la session 2 et la session 1, une diminution des performances à la session 3 qui n'est pas significative par rapport à la session 2, mais significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$ pour les cadets et à $P < 0,01$ pour les juniors. A la session 4, une stabilisation des performances est enregistrée pour les cadets, et une diminution significative pour les juniors par rapport à la session 3 à $P < 0,01$.

Pour les séniors, une diminution significative est observée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$), suivi d'une stabilisation des performances à la session 3 et enfin d'une diminution significative de celles-ci à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,001$).

Les résultats des cadettes montrent une diminution significative des performances à la 2^{ème} session de tests par rapport à la 1^{ère} session suivie d'une stabilisation à la 3^{ème} et 4^{ème} session (Tableau 3.22).

Entre catégories, à la 1^{ère} session une différence significative est observée entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$), les juniors et les minimes ($P < 0,05$) ainsi qu'entre les séniors et les minimes ($P < 0,001$). Aucune différence n'est relevée entre les différentes catégories lors des autres sessions de tests (Tableau 3.23).

Les résultats des cadets montrent une différence significatives des performances entre les filles et les garçons à la 2^{ème} session de tests ($P < 0,001$), à la 3^{ème} session ($P < 0,01$) et à la 4^{ème} session ($P < 0,001$) (Fig. 3.29)

Tableau 3.22 : Course 10m par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Minimes | | 2,69 ± 0,05s | 2,83 ± 0,08s* | 2,90 ± 0,07s** | 3,00 ± 0,09s***§§ |
| Cadets | Garçons | 2,55 ± 0,04s | 2,68 ± 0,05s | 2,72 ± 0,08s* | 2,78 ± 0,07s** |
| | Filles | 2,70 ± 0,06s | 3,20 ± 0,14s*** | 3,15 ± 0,11s*** | 3,29 ± 0,10s*** |
| Juniors | | 2,51 ± 0,05s | 2,60 ± 0,09s | 2,71 ± 0,10s** | 2,89 ± 0,09s***§§§## |
| Séniors | | 2,44 ± 0,04s | 2,61 ± 0,08s*** | 2,68 ± 0,08s*** | 2,86 ± 0,08s***§§§### |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,05 ; ** : à P<0,01 ; *** : à P<0,001 ; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à P<0,01 ; §§§ : à P<0,001 ; ## : différence significative par rapport à la session 3 à P<0,01 ; ### : à P<0,001.

Figure 3.30 : Variations du test Course 10m par sessions chez les karatékas.

Figure 3.30a : Variations du test Course 10m par sessions chez les karatékas minimes.

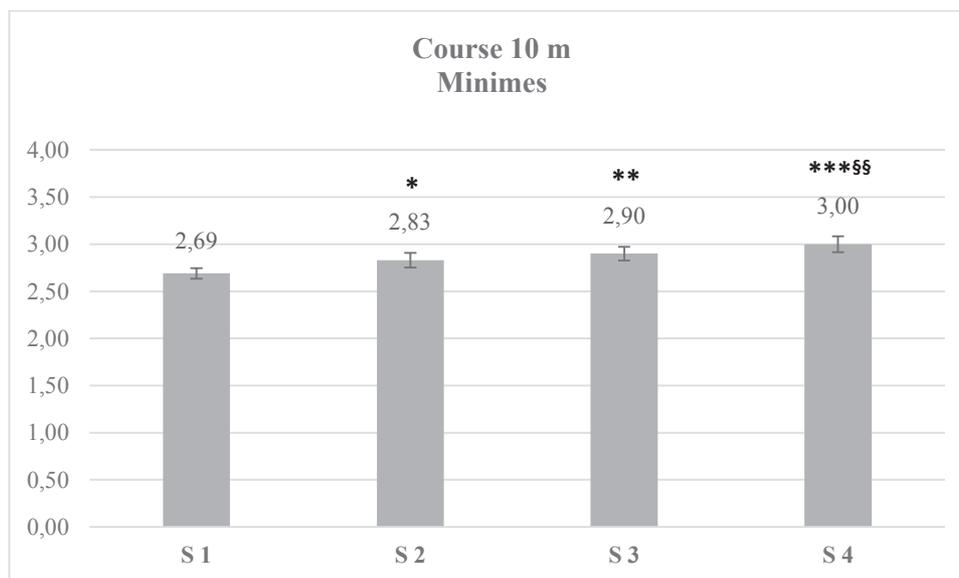


Figure 3.30b : Variations du test Course 10m par sessions chez les karatékas cadets.

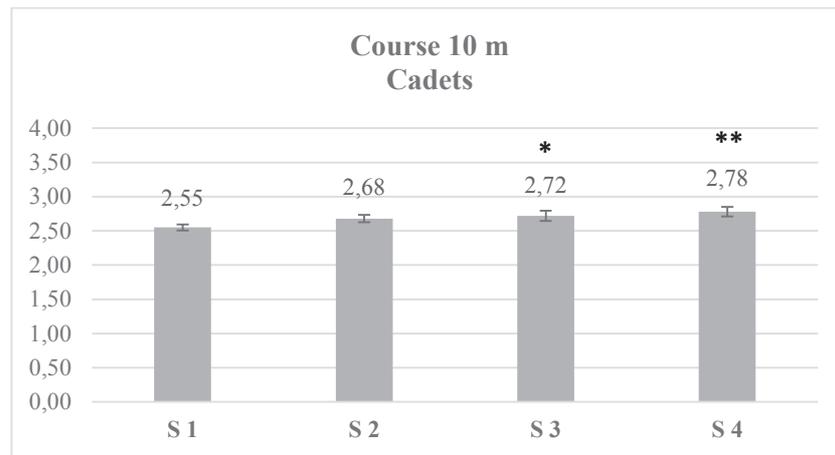


Figure 3.30c : Variations du test Course 10m par sessions chez les karatékas juniors.

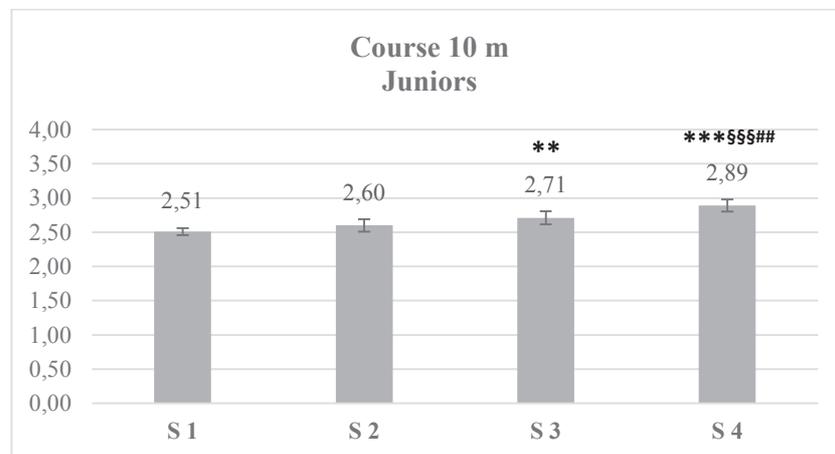


Figure 3.30d : Variations du test Course 10m par sessions chez les karatékas séniors.

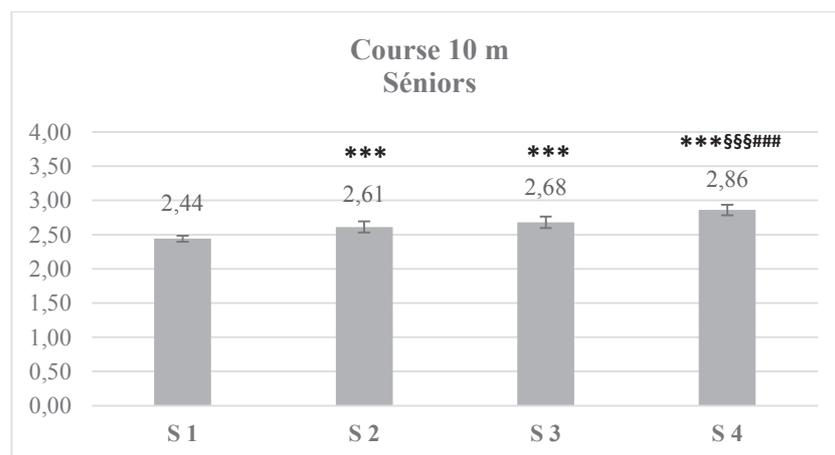
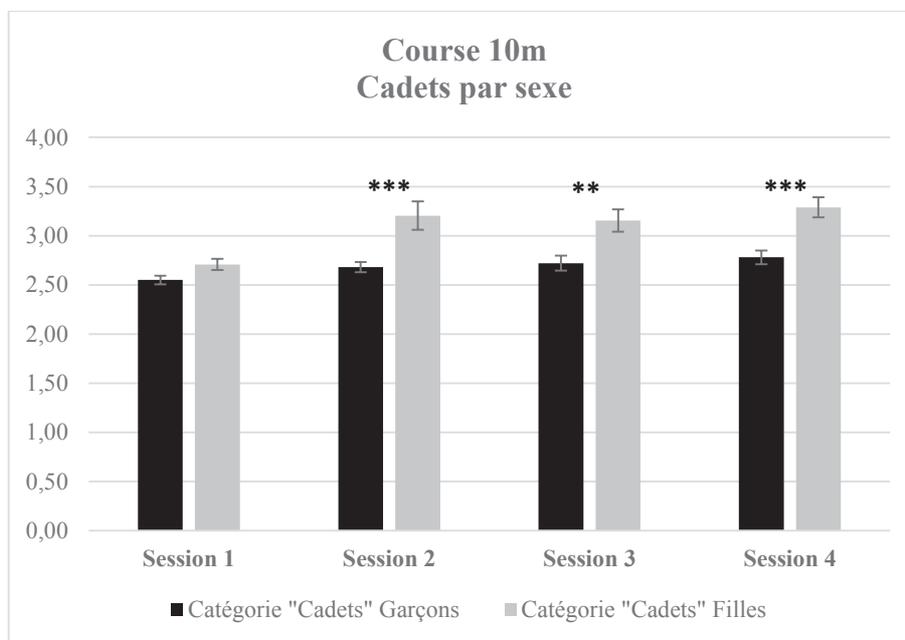


Figure 3.30 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$;

*** : à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$;
 ## : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,01$; ### : à $P < 0,001$.

Figure 3.31 : Différence des résultats du Test Course 10m dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$;
 *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.23 : Course 10m par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Session 1 | 2,69 \pm 0,05s | 2,55 \pm 0,04s [§] | 2,51 \pm 0,05s [§] | 2,44 \pm 0,04s ^{§§§} |
| Session 2 | 2,83 \pm 0,08s | 2,68 \pm 0,05s | 2,60 \pm 0,09s | 2,61 \pm 0,08s |
| Session 3 | 2,90 \pm 0,07s | 2,72 \pm 0,08s | 2,71 \pm 0,10s | 2,68 \pm 0,08s |
| Session 4 | 3,00 \pm 0,09s | 2,78 \pm 0,07s | 2,89 \pm 0,09s | 2,86 \pm 0,08s |

Valeurs moyennes \pm SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; §§§ à $P < 0,001$.

Figure 3.32 : Variations du test Course 10m par catégories chez les karatékas.

Figure 3.32-a : Variations du test Course 10m par catégories chez les karatékas à la session 1.

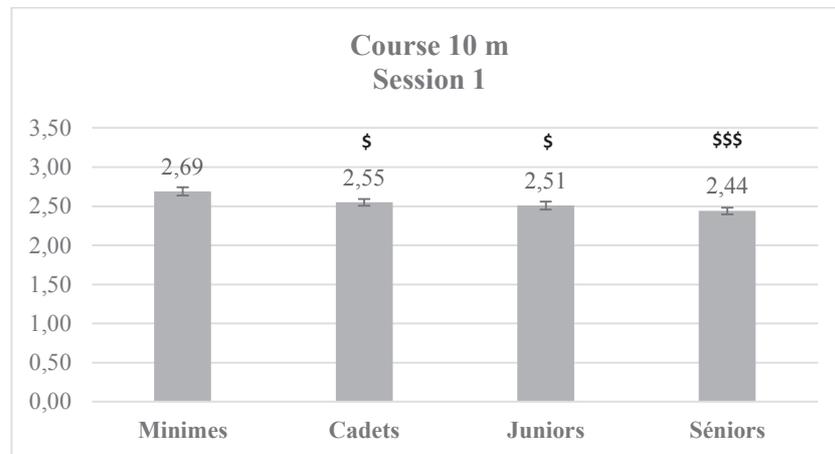


Figure 3.32b : Variations du test Course 10m par catégories chez les karatékas à la session 2.

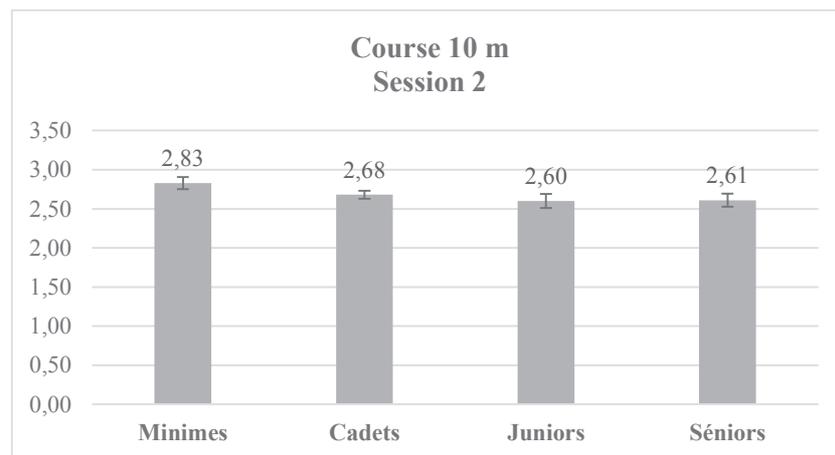


Figure 3.32c : Variations du test Course 10m par catégories chez les karatékas à la session 3.

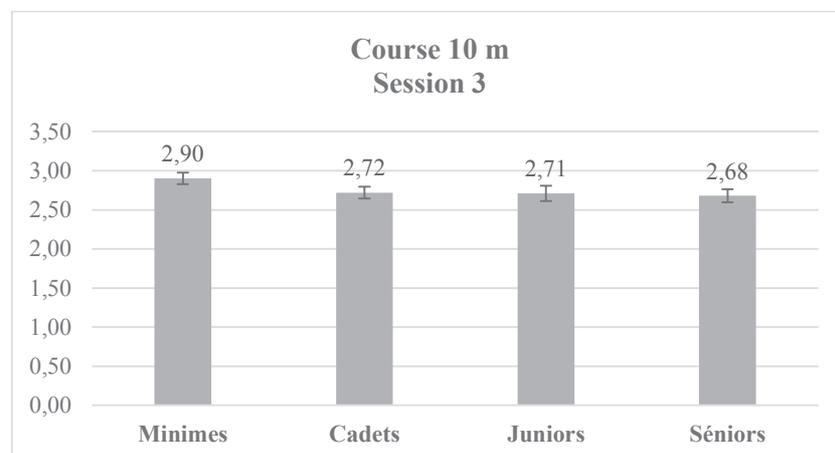


Figure 3.32d : Variations du test Course 10m par catégories chez les karatékas à la session 3.

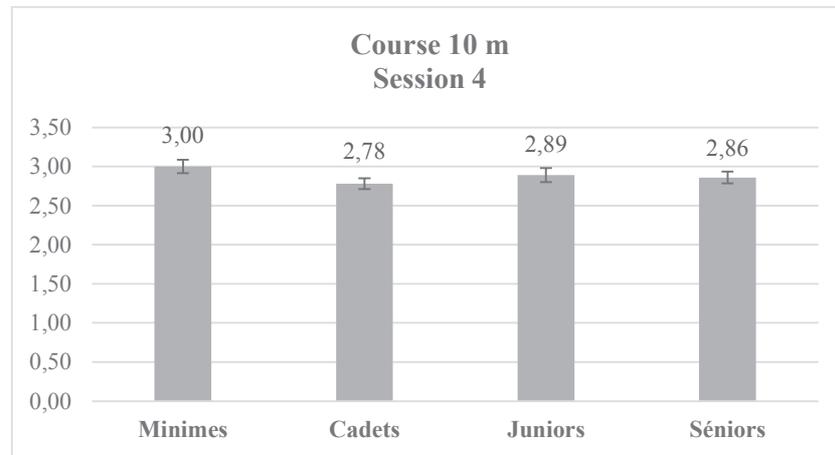


Figure 3.32 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; ^{\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; ^{\$\$\$} : à $P < 0,001$.

3.2.9) Course 30m

Les valeurs moyennes des résultats du test de course sur 30m par catégorie et par session sont présentées dans les tableaux 3.24 et 3.25 en secondes.

Les résultats montrent que pour les minimes, une diminution significative des performances est enregistrée à la deuxième session de test par rapport à la première ($P < 0,05$), suivie d'une stabilisation à la troisième et quatrième session.

Pour les cadets et les juniors, aucune différence significative n'est observée entre la session 2 et la session 1. Une diminution significative des performances est relevée à la session 3 ($P < 0,001$), suivie d'une stabilisation pour les cadets et d'une diminution significative des performances pour les juniors ($P < 0,001$), à la session 4.

Pour les séniors, une diminution significative des performances est relevée à la session 2 ($P < 0,001$), suivie d'une stabilisation des performances entre la session 2 et la session 3 et enfin d'une diminution significative à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,001$).

Les résultats des cadettes montrent une diminution significative des performances à la 2^{ème} session par rapport à la 1^{ère} session. Une stabilisation des performances est ensuite observée à la session 3 et à la session 4 (Tableau 3.24).

Entre catégories, une différence significative est observée à la session 1 entre cadets et minimes ($P < 0,05$), juniors et minimes ($P < 0,01$) et séniors et minimes ($P < 0,01$). Le même constat est fait pour les résultats de la 2^{ème} session avec une différence significative entre séniors et minimes à $P < 0,05$. Les résultats de la session 3 montrent une différence significative entre juniors et minimes ($P < 0,01$) et entre séniors et minimes ($P < 0,05$). Ceux de la session 4 indiquent une différence significative entre cadets et minimes ($P < 0,01$) ainsi qu'entre juniors et minimes ($P < 0,05$) (Tableau 3.25).

Une différence significative est enregistrée entre les cadets et les cadettes à $P < 0,01$ à la session 1, à la session 2 et à la session 3, et à $P < 0,001$ à la session 4 (Fig. 3.32)

Tableau 3.24 : Course 30m par sessions.

| | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Minimes | 5,79 ± 0,13s | 5,97 ± 0,13s* | 6,03 ± 0,14s** | 6,17 ± 0,13s*** § |
| Cadets | Garçons | 5,47 ± 0,09s | 5,67 ± 0,09s | 5,72 ± 0,10s* |
| | Filles | 5,96 ± 0,16s | 6,32 ± 0,23s*** | 6,40 ± 0,20s*** |
| Juniors | 5,30 ± 0,10s | 5,41 ± 0,13s | 5,52 ± 0,14s*** | 5,74 ± 0,1s*** §§§ ### |
| Séniors | 5,31 ± 0,11s | 5,58 ± 0,11s*** | 5,69 ± 0,12s*** | 5,92 ± 0,12s*** §§§### |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,05 ; ** : à P<0,01 ; *** : à P<0,001 ; § : différence significative par rapport à la session 2 à P<0,05 ; §§§ : à P<0,001 ; ### : différence significative par rapport à la session 3 à P<0,001.

Figure 3.33 : Variations du test Course 30m par sessions chez les karatékas.

Figure 3.33a : Variations du test Course 30m par sessions chez les karatékas minimes.

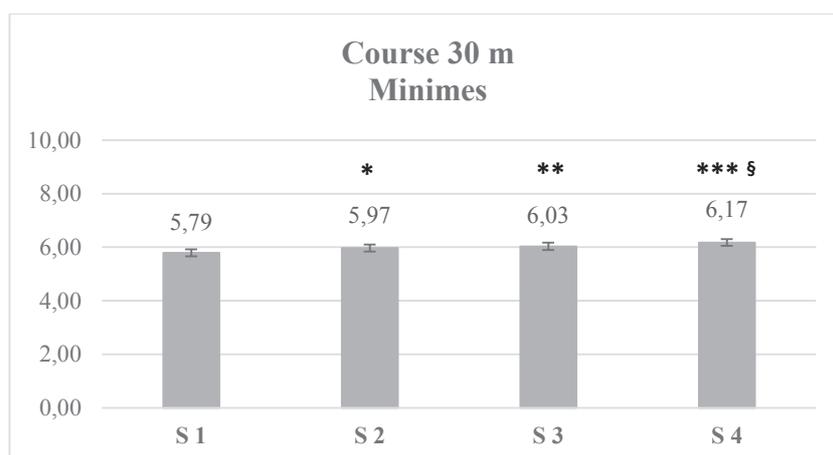


Figure 3.33b : Variations du test Course 30m par sessions chez les karatékas cadets.

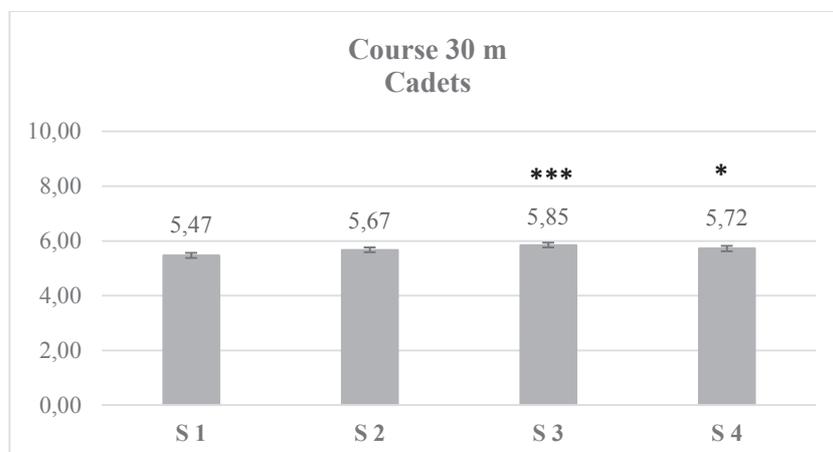


Figure 3.33c : Variations du test Course 30m par sessions chez les karatékas juniors.

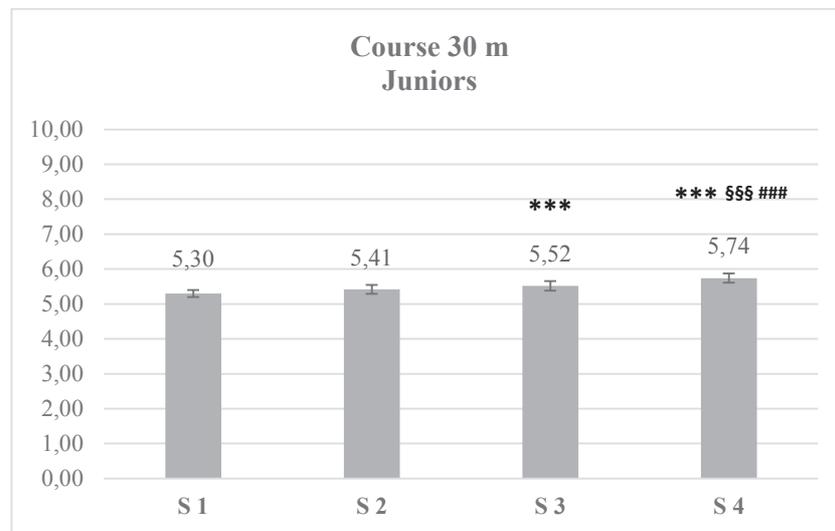


Figure 3.33d : Variations du test Course 30m par sessions chez les karatékas séniors.

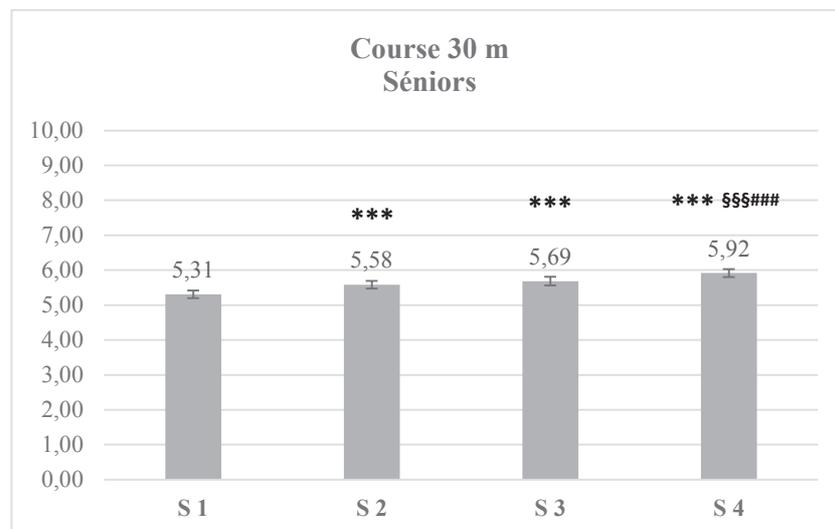
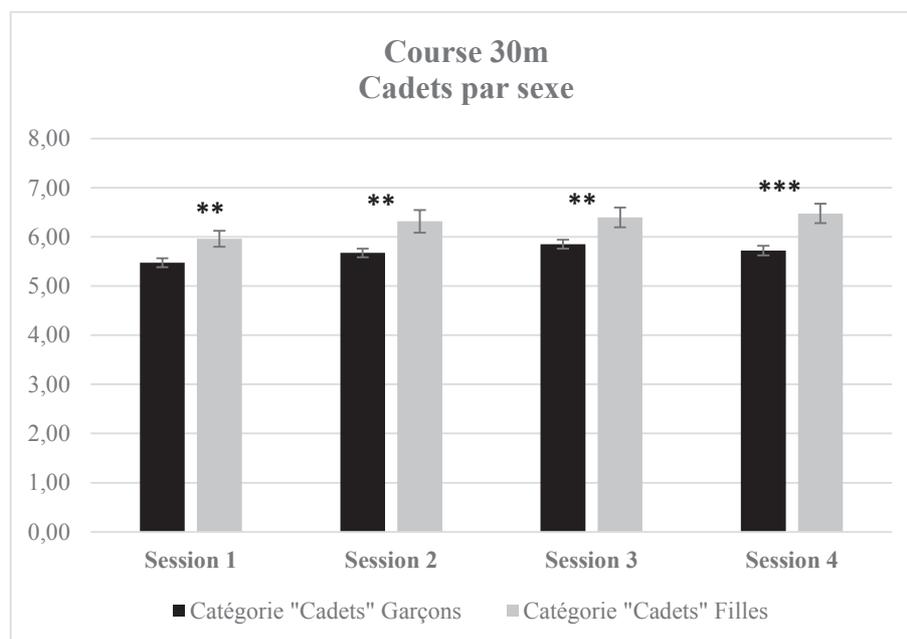


Figure 3.9 a, b, c, d : Valeurs moyennes ± SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$; ### : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,001$.

Figure 3.34 : Différence des résultats du Test Course 30m dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.25 : Course 30m par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Session 1 | 5,79 \pm 0,13s | 5,47 \pm 0,09s [§] | 5,30 \pm 0,10s ^{§§} | 5,31 \pm 0,11s ^{§§} |
| Session 2 | 5,97 \pm 0,13s | 5,67 \pm 0,09s [§] | 5,41 \pm 0,13s ^{§§} | 5,58 \pm 0,11s [§] |
| Session 3 | 6,03 \pm 0,14s | 5,85 \pm 0,09s | 5,52 \pm 0,14s ^{§§} | 5,69 \pm 0,12s [§] |
| Session 4 | 6,17 \pm 0,13s | 5,72 \pm 0,10s ^{§§} | 5,74 \pm 0,13s [§] | 5,92 \pm 0,12s |

Valeurs moyennes \pm SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; §§ : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,01$.

Figure 3.35 : Variations du test Course 30m par catégories chez les karatékas.

Figure 3.35a : Variations du test Course 30m par catégories chez les karatékas à la session 1.

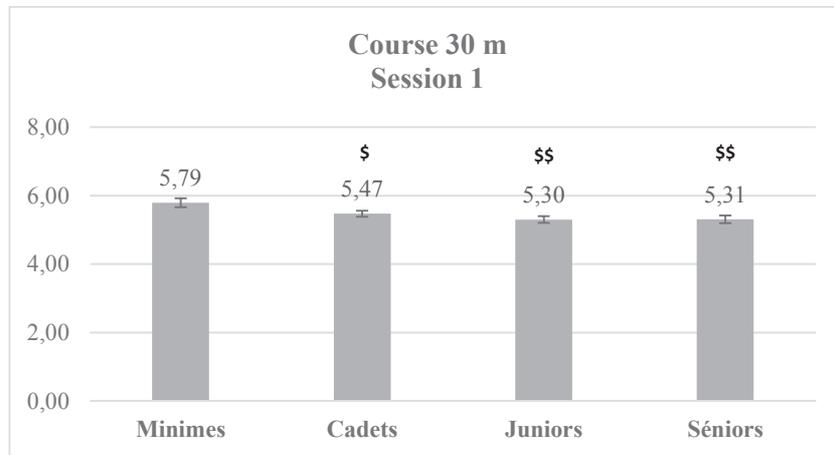


Figure 3.35b : Variations du test Course 30m par catégories chez les karatékas à la session 2.



Figure 3.35c : Variations du test Course 30m par catégories chez les karatékas à la session 3.

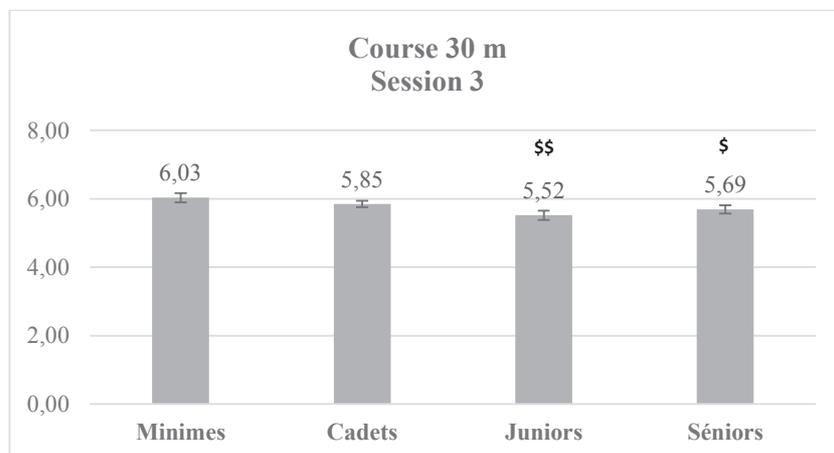


Figure 3.35d : Variations du test Course 30m par catégories chez les karatékas à la session 4.

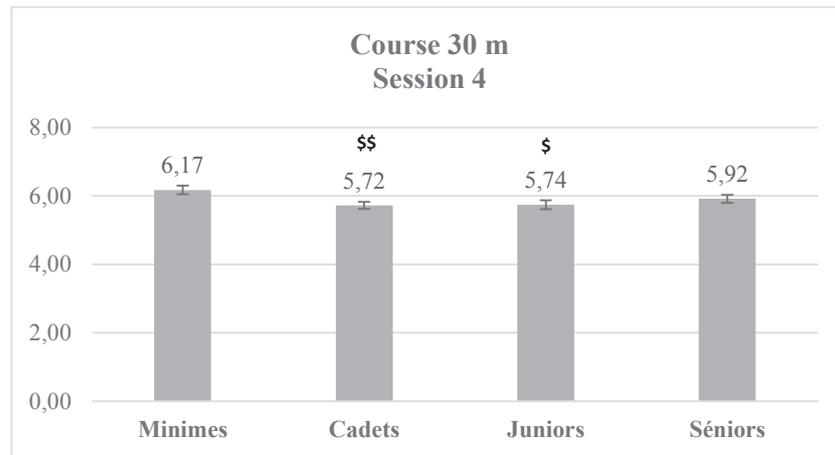


Figure 3.35 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$.

3.2.10) Course 50m

Les valeurs moyennes des résultats du test de course sur 50m par catégorie et par session sont présentées dans les tableaux 3.26 et 3.27 en secondes.

La même tendance est observée pour les minimes, les cadets et les juniors, à savoir une amélioration significative des performances à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$), suivie d'une diminution significative à la session 3 par rapport à la session 2 à $P < 0,001$ pour les minimes et les cadets et à $P < 0,01$ pour les juniors. Le même constat est fait pour les résultats de la session 4, c'est-à-dire, une diminution significative des performances par rapport à la session 3 à $P < 0,001$ pour les trois catégories.

Les résultats des séniors montrent des variations pratiquement similaires aux autres catégories, avec comme différence une amélioration à la session 2 par rapport à la session 1 qui n'est pas statistiquement significative, et un degré de significativité à la session 3 par rapport à la session 2 de $P < 0,01$ égal à celui des juniors.

Pour les cadettes, une amélioration significative à $P < 0,01$ est observée à la session 2 par rapport à la session 1, suivie d'une stabilisation des performances à la session 3 et enfin, d'une diminution significative à la session 4 par rapport à la session 3 à $P < 0,001$ (Tableau 3.26).

Entre catégories, l'analyse comparative des valeurs moyennes des résultats du test de course sur 50m a montré des résultats semblables lors des différentes sessions de tests avec une différence significative entre les cadets et les minimes à $P < 0,05$ à la session 1, à $P < 0,01$ à la session 2 et à la session 3 et à $P < 0,05$ à la session 4. Entre les juniors et les minimes à $P < 0,01$ à la session 1 et 2 et à $P < 0,001$ à la session 3 et 4, ainsi qu'entre les séniors et les minimes à $P < 0,05$ à toutes les sessions (Tableau 3.6).

Pour la catégorie « cadets », une différence significative est enregistrée à toutes les sessions de tests, à $P < 0,01$ à la session 1 et 4 et à $P < 0,05$ à la session 2 et 3 (Fig. 3.35).

Tableau 3.26 : Course 50m par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| Minimes | | 9,27 ± 0,19s | 8,61 ± 0,16s*** | 9,03 ± 0,18***§§§ | 9,87 ± 0,18*** §§§ ### |
| Cadets | Garçons | 8,66 ± 0,16s | 7,89 ± 0,15s*** | 8,29 ± 0,15** §§§ | 9,27 ± 0,16*** §§§ ### |
| | Filles | 9,56 ± 0,24s | 8,93 ± 0,54s** | 9,32 ± 0,51s | 10,29 ± 0,44** §§§ ### |
| Juniors | | 8,38 ± 0,23s | 7,69 ± 0,22s*** | 7,98 ± 0,24*** §§ | 8,79 ± 0,28*** §§§ ### |
| Séniors | | 8,55 ± 0,25s | 8,11 ± 0,22s | 8,45 ± 0,22s §§ | 9,27 ± 0,23*** §§§ ### |

Valeurs moyennes ± SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à P<0,01 ; *** : à P<0,001 ; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à P<0,01 ; §§§ : à P<0,001 ; ### : différence significative par rapport à la session 3 à P<0,001.

Figure 3.36 : Variations du test Course 50m par sessions chez les karatékas.

Figure 3.36a : Variations du test Course 50m par sessions chez les karatékas minimes.

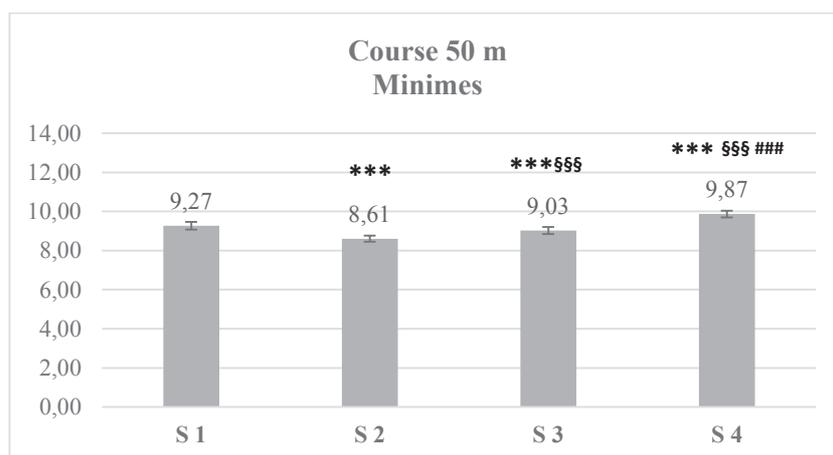


Figure 3.36b : Variations du test Course 50m par sessions chez les karatékas cadets.

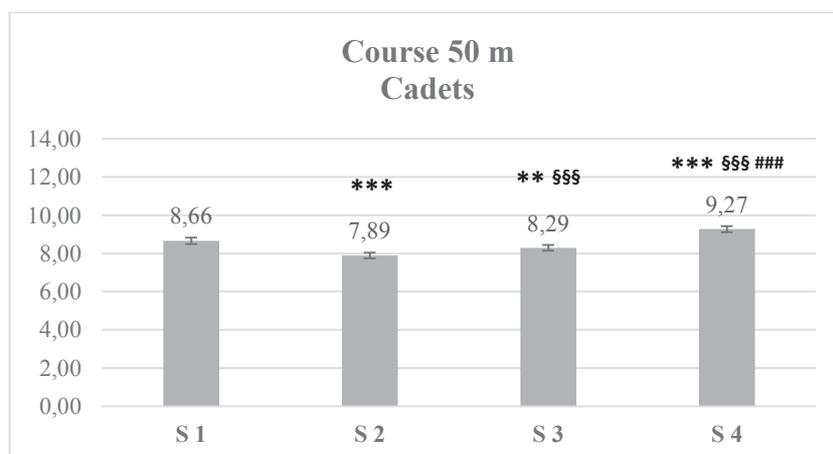


Figure 3.36c : Variations du test Course 50m par sessions chez les karatékas juniors.

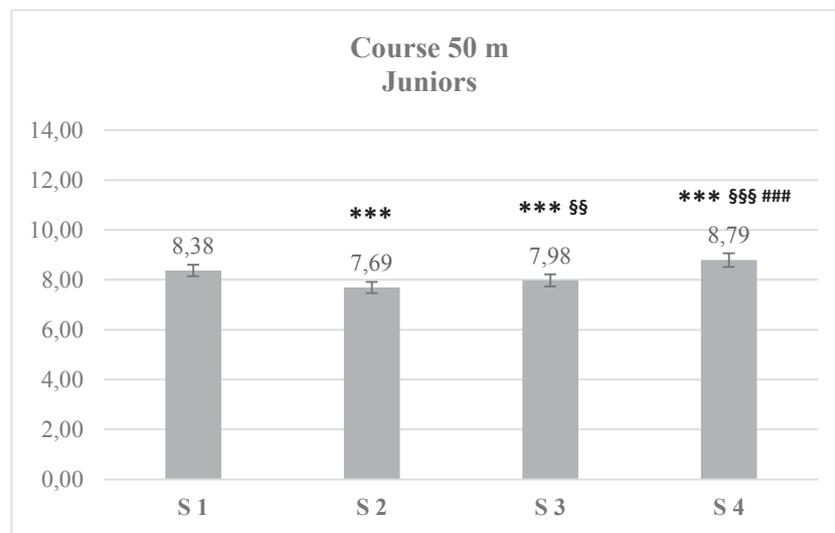


Figure 3.36d : Variations du test Course 50m par sessions chez les karatékas séniors.

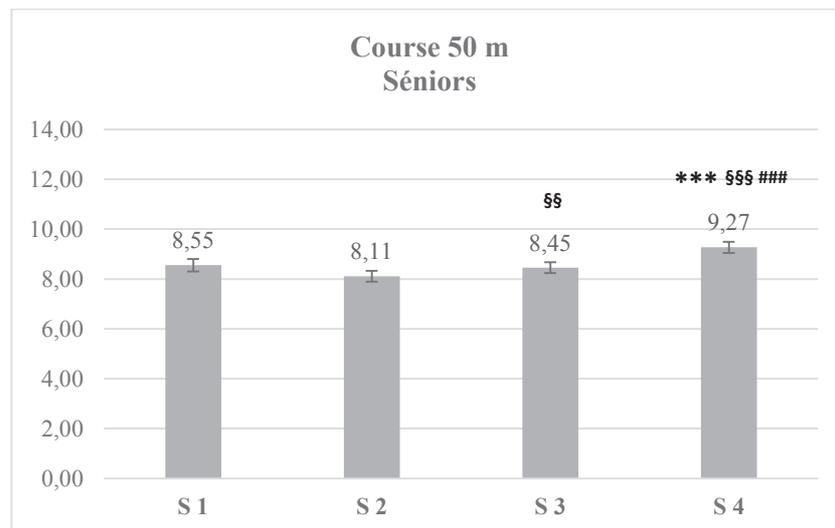
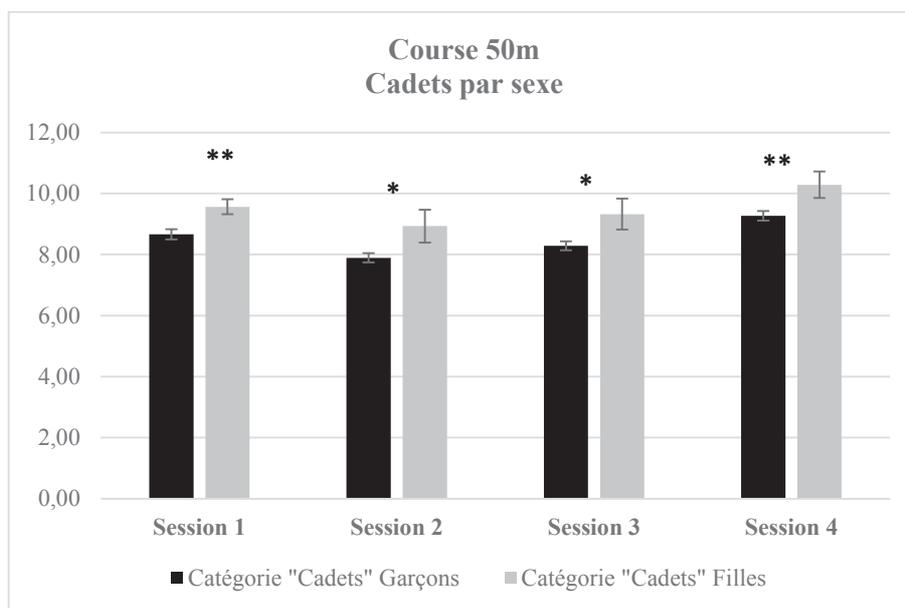


Figure 3.36 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; §§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,01$; §§§ : à $P < 0,001$; ### : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,001$.

Figure 3.37 : Différence des résultats du Test Course 50m dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$.

Tableau 3.27 : Course 50m par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Session 1 | 9,27 \pm 0,19s | 8,66 \pm 0,16s [§] | 8,38 \pm 0,23s ^{§§} | 8,55 \pm 0,25s [§] |
| Session 2 | 8,61 \pm 0,16s | 7,89 \pm 0,15s ^{§§} | 7,69 \pm 0,22s ^{§§} | 8,11 \pm 0,22s [§] |
| Session 3 | 9,03 \pm 0,18s | 8,29 \pm 0,15s ^{§§} | 7,98 \pm 0,24s ^{§§§} | 8,45 \pm 0,22s [§] |
| Session 4 | 9,87 \pm 0,18s | 9,27 \pm 0,16s [§] | 8,79 \pm 0,28s ^{§§§} | 9,27 \pm 0,23s [§] |

Valeurs moyennes \pm SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; §§ : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,01$; §§§ à $P < 0,001$.

Figure 3.38 : Variations du test Course 50m par catégories chez les karatékas.

Figure 3.38a : Variations du test Course 50m par catégories chez les karatékas à la session 1.

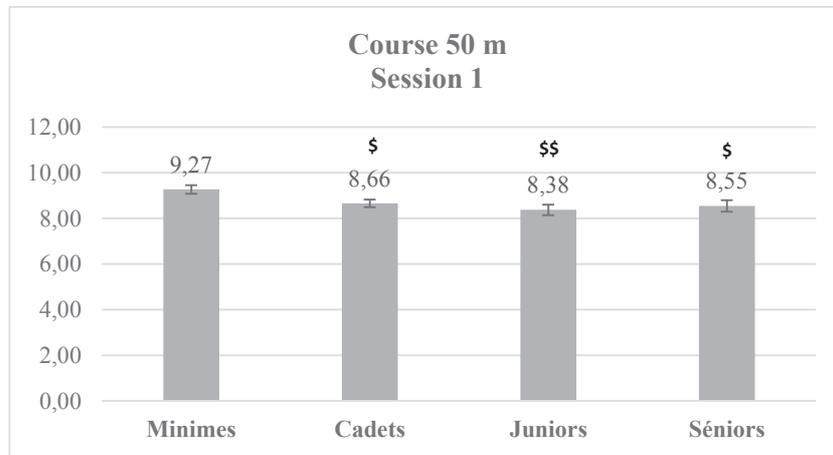


Figure 3.38b : Variations du test Course 50m par catégories chez les karatékas à la session 2.



Figure 3.38c : Variations du test Course 50m par catégories chez les karatékas à la session 3.

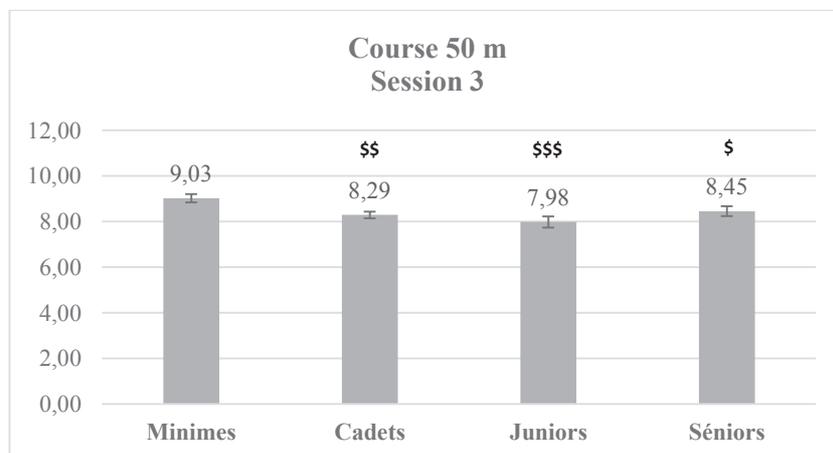


Figure 3.38d : Variations du test Course 50m par catégories chez les karatékas à la session 4.

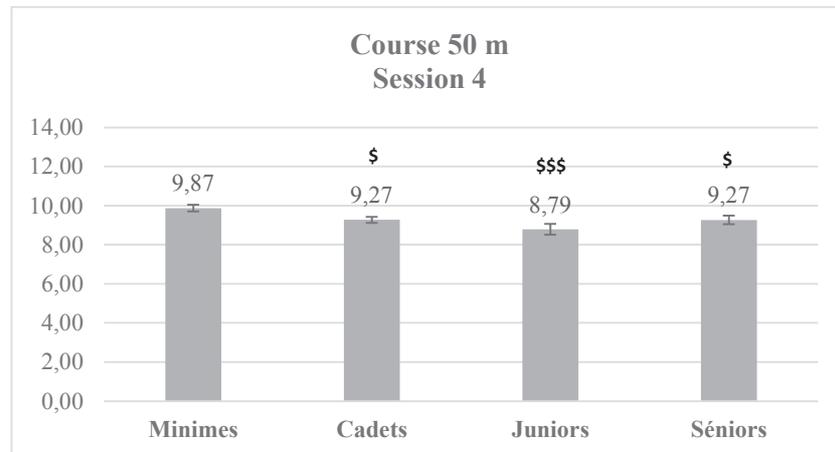


Figure 3.38 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$.

3.2.11) 10 x 5m Navette

Les tableaux 3.28 et 3.29 présentent les valeurs moyennes des résultats du test « 10 x 5m Navette » par catégorie et par session en secondes.

L'analyse comparative des résultats de ce test a montré que pour les catégories minimes et cadets, une diminution significative des performances est observée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$). Une stabilisation est relevée à la session 3 par rapport à la session 2 suivie d'une amélioration significative à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,05$).

Pour les juniors et les séniors, aucune différence significative n'est enregistrée lors des différentes sessions de tests. Les performances des athlètes restent stables durant toute la période de tests.

Les résultats des cadettes, montrent une diminution significative des performances à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,01$), suivie d'une stabilisation de ces performances jusqu'à la fin des tests (Tableau 3.28).

Entre catégories, à la session 1 une différence significative est observée entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$) et aussi entre les séniors et les minimes ($P < 0,01$). Les résultats de la session 2 affichent une différence significative entre les juniors et les minimes ($P < 0,05$) et les séniors et les minimes ($P < 0,01$). Aucune différence significative n'est observée entre les différentes catégories lors des sessions 3 et 4 (Tableau 3.29).

Les résultats des cadets (Fig. 3.38) montrent une différence significative des performances entre les filles et les garçons à la 1^{ème} session ainsi qu'à la 4^{ème} session de tests à $P < 0,05$.

Tableau 3.28 : 10 x 5m Navette par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|---------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
| Minimes | | 16,72 ± 0,39s | 18,24 ± 0,31s*** | 17,95 ± 0,32s*** | 17,14 ± 0,27s ^{\$\$\$ #} |
| Cadets | Garçons | 15,28 ± 0,44s | 17,32 ± 0,32s*** | 17,30 ± 0,25s*** | 16,39 ± 0,29s*** § # |
| | Filles | 16,79 ± 0,66s | 18,43 ± 0,47s** | 17,65 ± 0,41s | 17,81 ± 0,49s |
| Juniors | | 16,18 ± 0,62s | 16,89 ± 0,44s | 16,74 ± 0,32s | 16,45 ± 0,34s |
| Séniors | | 17,05 ± 0,39s | 16,63 ± 0,41s | 16,74 ± 0,32s | 17,20 ± 0,47s |

Valeurs moyennes \pm SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$.

Figure 3.39 : Variations du test 10 x 5m Navette par sessions chez les karatékas.

Figure 3.39a : Variations du test 10 x 5m Navette par sessions chez les karatékas minimes.

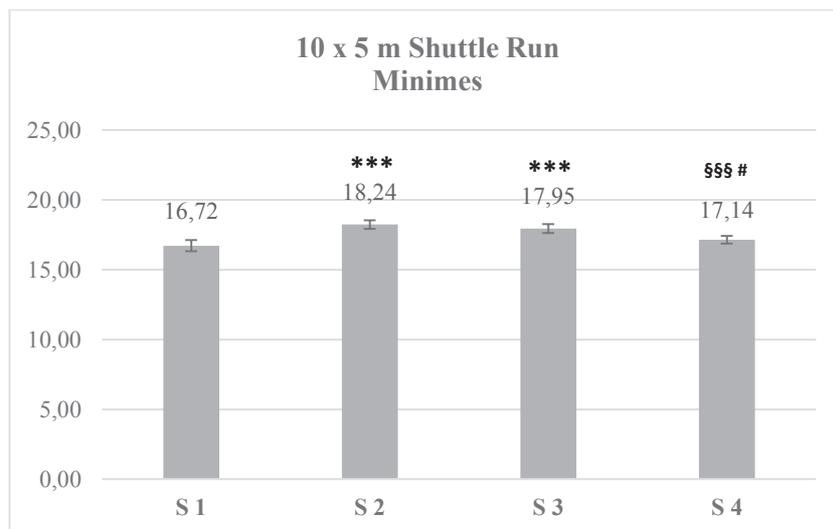


Figure 3.39b : Variations du test 10 x 5m Navette par sessions chez les karatékas cadets.

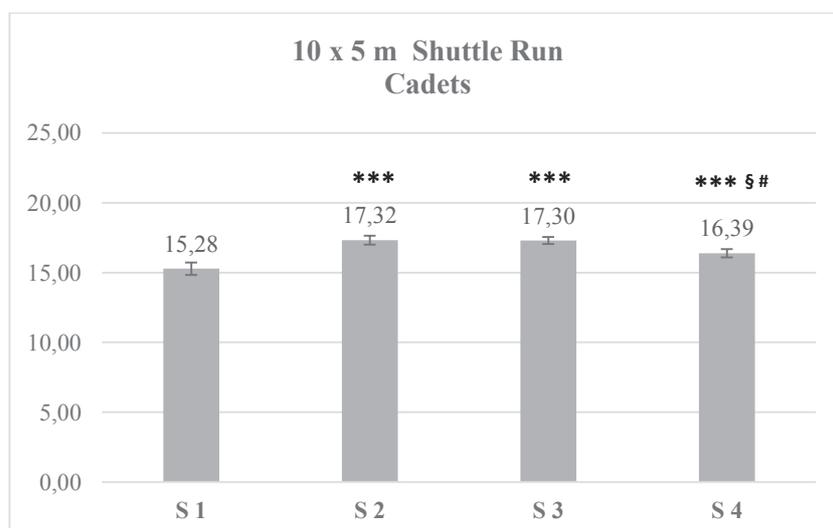


Figure 3.39c : Variations du test 10 x 5m Navette par sessions chez les karatékas juniors.

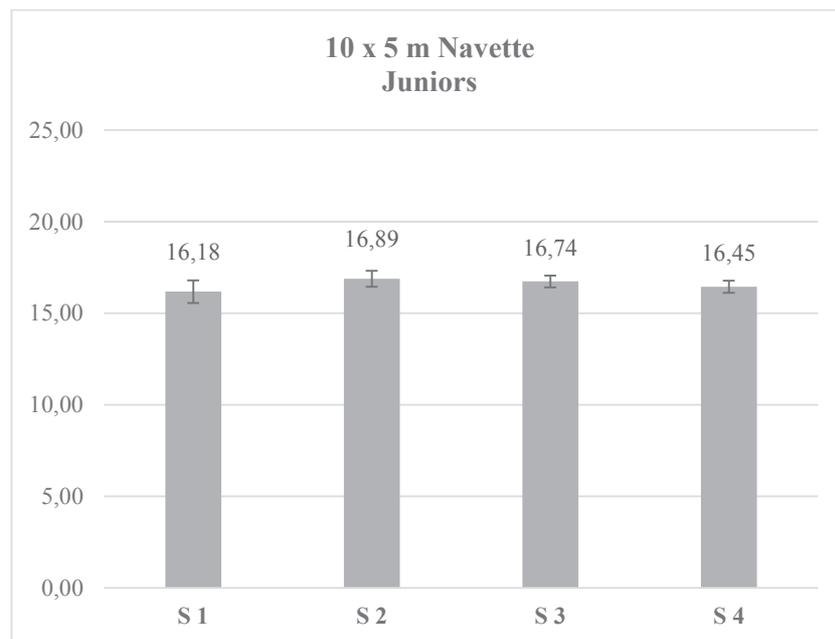


Figure 3.39d : Variations du test 10 x 5m Navette par sessions chez les karatékas séniors.

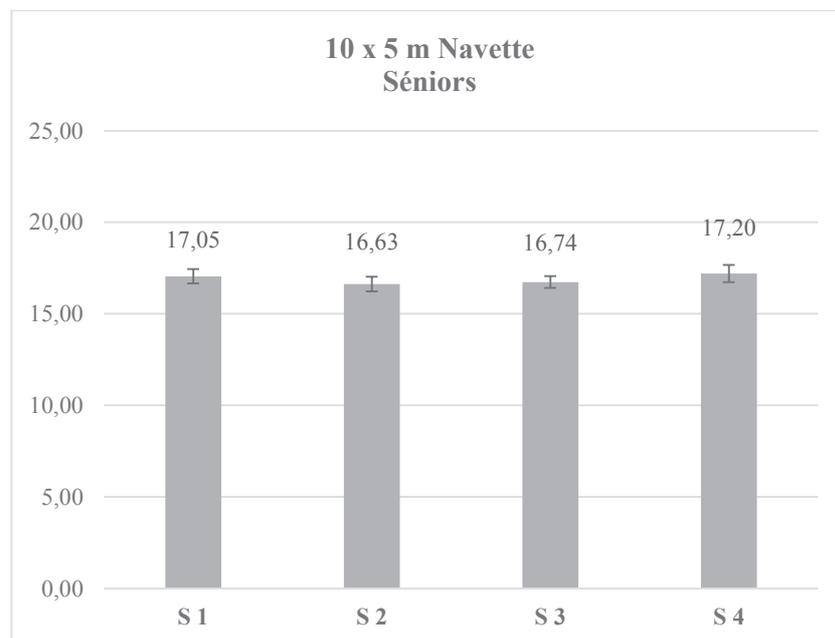
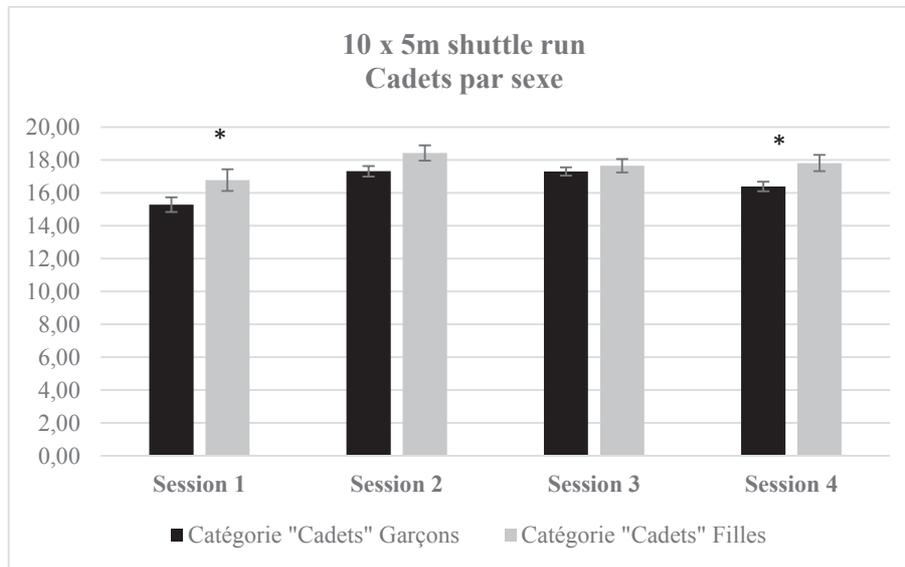


Figure 3.39 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$.

Figure 3.40 : Différence des résultats du Test 10 x 5m Navette dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$;
Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.29 : 10 x 5m Navette par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Session 1 | 16,72 \pm 0,39s | 15,28 \pm 0,44s [§] | 16,18 \pm 0,62s | 17,05 \pm 0,39s ^{§§} |
| Session 2 | 18,24 \pm 0,31s | 17,32 \pm 0,32s | 16,89 \pm 0,44s [§] | 16,63 \pm 0,41s ^{§§} |
| Session 3 | 17,95 \pm 0,32s | 17,30 \pm 0,25s | 16,74 \pm 0,32s ^{§§} | 16,74 \pm 0,32s ^{§§} |
| Session 4 | 17,14 \pm 0,27s | 16,39 \pm 0,29s | 16,45 \pm 0,34s | 17,20 \pm 0,47s |

Valeurs moyennes \pm SEM ; [§] : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; ^{§§} : à $P < 0,01$.

Figure 3.41 : Variations du test 10 x 5m Navette par catégories chez les karatékas.

Figure 3.41a : Variations du test 10 x 5m Navette par catégories chez les karatékas à la session 1.

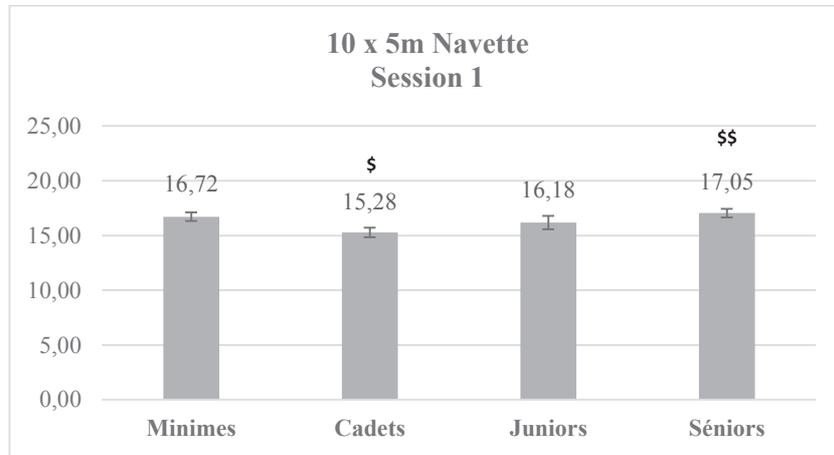


Figure 3.41b : Variations du test 10 x 5m Navette par catégories chez les karatékas à la session 2.

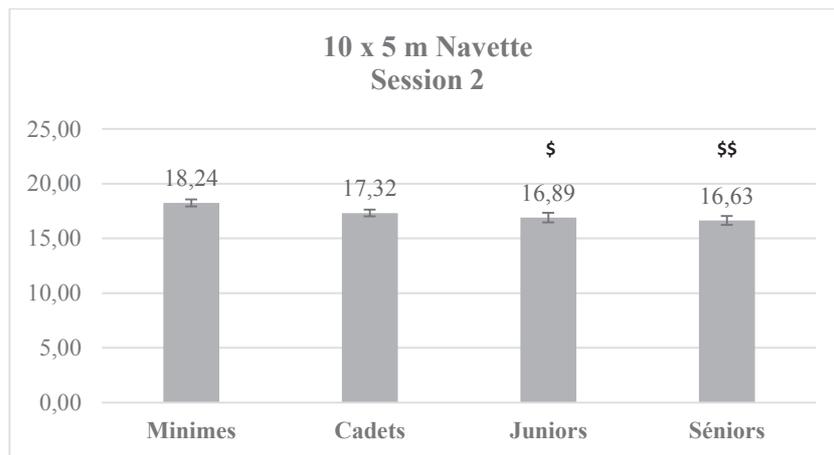


Figure 3.41c : Variations du test 10 x 5m Navette par catégories chez les karatékas à la session 3.

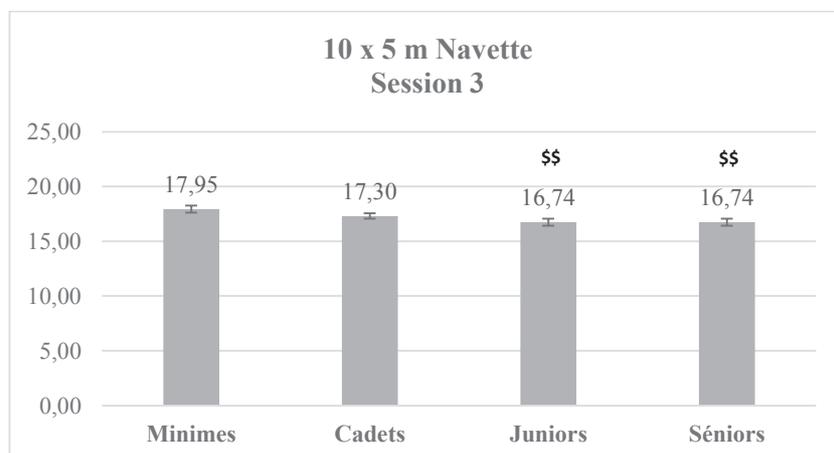


Figure 3.41d : Variations du test 10 x 5m Navette par catégories chez les karatékas à la session 4.

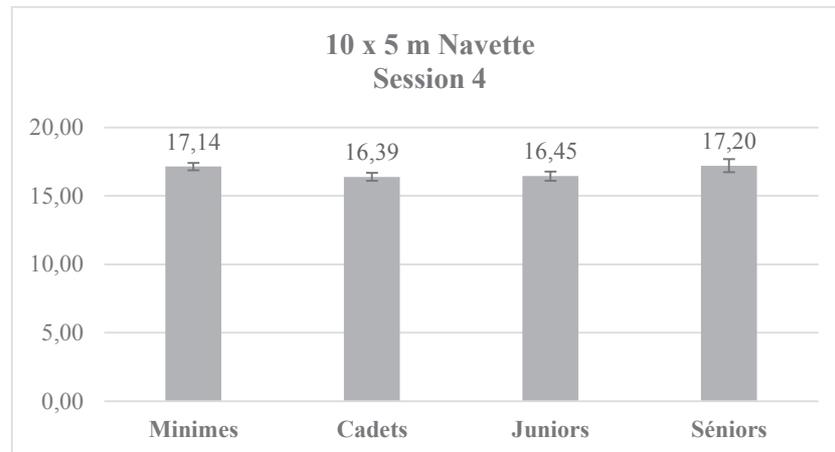


Figure 3.41 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; [§] : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; ^{§§} : à $P < 0,01$.

3.2.12) Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes.

Les valeurs moyennes des résultats du test « maximum de coups avec le membre supérieur en 60 secondes » par catégorie et par session sont présentées dans les tableaux 3.30 et 3.31.

Les résultats montrent que pour les minimes, une stabilisation des performances est observée entre la 1^{ère}, 2^{ème} et la 3^{ème} session de tests suivie d'une amélioration significative à la 4^{ème} session par rapport à la 3^{ème} session ($P < 0,001$).

Pour les cadets, une amélioration significative est observée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$), suivie d'une stabilisation à la session 3 et enfin une amélioration significative à la session 4 par rapport à la session 3 ($P < 0,05$).

Les résultats des juniors et des séniors, ne montrent aucune différence significative des performances entre la session 2 et la session 1. Une amélioration est observée à la session 3, qui n'est pas significative par rapport à la session 2 mais qui l'est par rapport à la session 1 à $P < 0,05$ pour les juniors et à $P < 0,01$ pour les séniors. Les mêmes résultats sont observée à la session 4 où l'on remarque aussi une amélioration, pas significative par rapport à la session 3, mais significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$ pour les juniors et à $P < 0,001$ pour les séniors.

Aucune différence significative n'est relevée pour les cadettes lors des différentes sessions de tests (Tableau 3.30) ainsi qu'entre les cadettes et les cadets (Fig. 3.41)

Aussi, une absence de différence significative est enregistrée entre les différentes catégories et ce dans toutes les sessions de tests (Tableau 3.31).

Tableau 3.30 : Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par sessions.

| | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------------------|
| Minimes | 82,81 ± 2,87 | 84,75 ± 2,93 | 87,63 ± 2,69 | 100,75 ± 3,93*** \$\$\$ ### |
| Cadets | Garçons | 82,25 ± 2,49 | 93,05 ± 3,50*** | 93,00 ± 2,94*** \$ # |
| | Filles | 91,38 ± 4,77 | 92,50 ± 3,32 | 99,13 ± 2,33 |
| Juniors | 84,83 ± 2,82 | 88,50 ± 3,22 | 95,67 ± 3,28* | 97,00 ± 4,67** \$ |
| Séniors | 80,20 ± 5,10 | 83,00 ± 3,78 | 88,13 ± 3,61** | 93,40 ± 3,98*** \$\$\$ |

Valeurs moyennes \pm SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$; ### : à $P < 0,001$.

Figure 3.42 : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas.

Figure 3.42a : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas minimes.

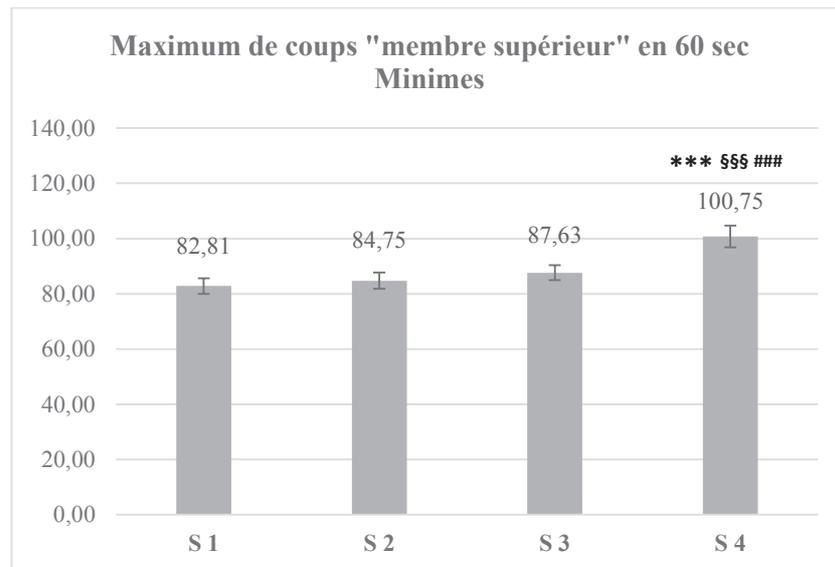


Figure 3.42b : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas cadets.

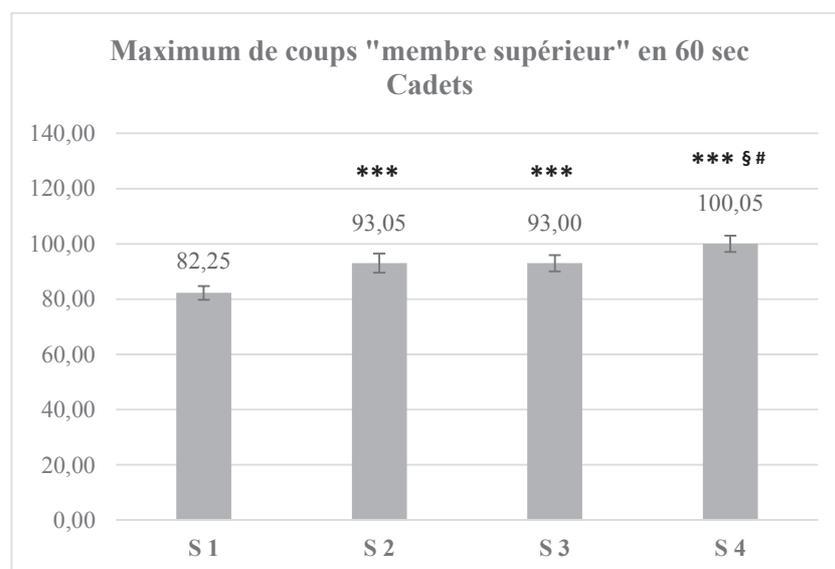


Figure 3.42c : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas juniors.

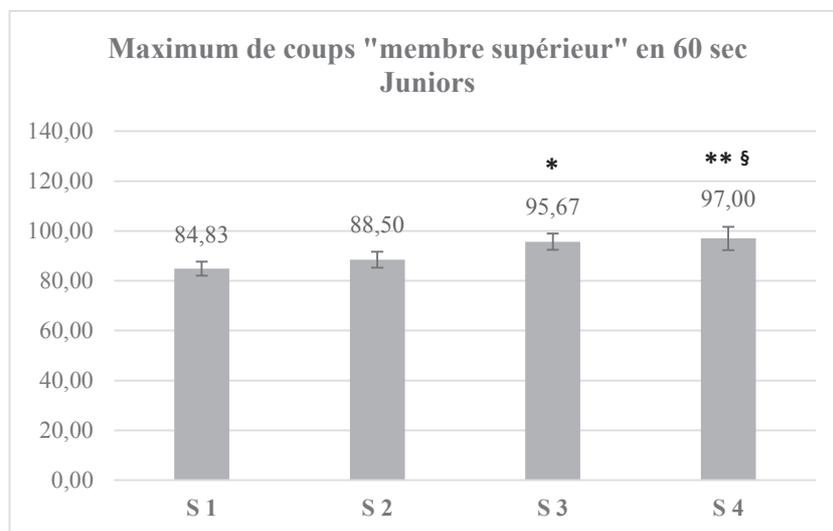


Figure 3.42d : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas séniors.

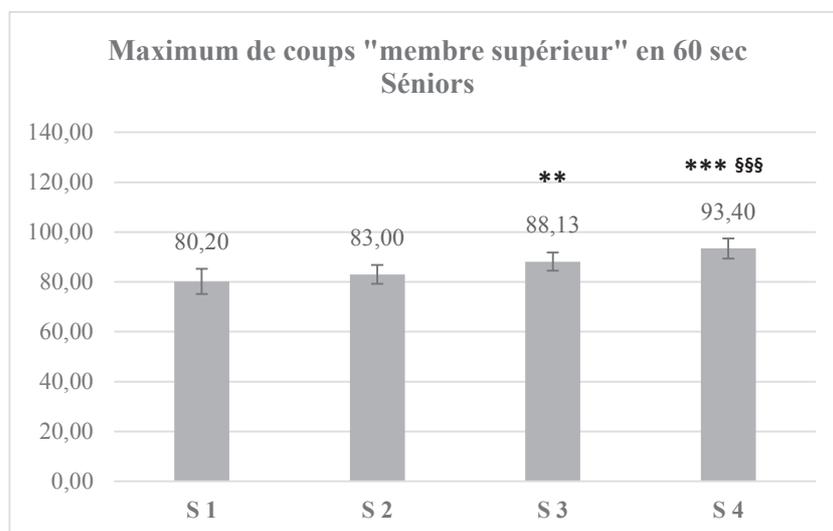
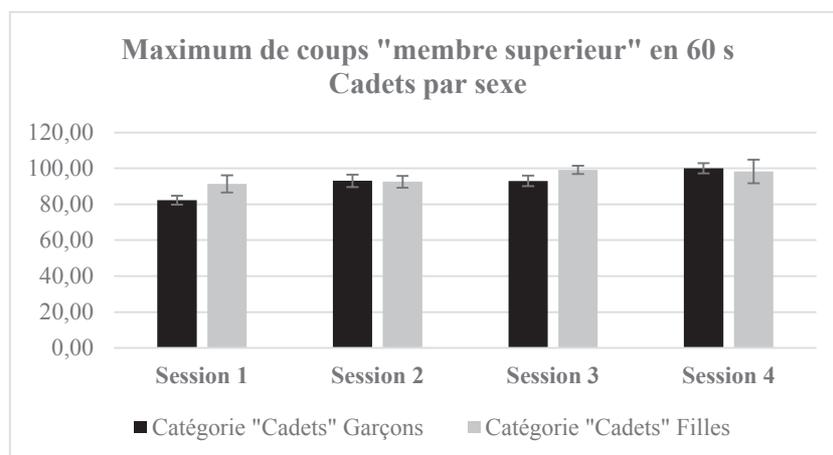


Figure 3.42 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; ** : à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$; # : différence significative par rapport à la session 3 à $P < 0,05$; ### : à $P < 0,001$.

Figure 3.43 : Différence des résultats du Test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes ± SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.31 : Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Session 1 | 82,81 ± 2,87 | 82,25 ± 2,49 | 84,83 ± 2,82 | 80,20 ± 5,10 |
| Session 2 | 84,75 ± 2,93 | 93,05 ± 3,50 | 88,50 ± 3,22 | 83,00 ± 3,78 |
| Session 3 | 87,63 ± 2,69 | 93,00 ± 2,94 | 95,67 ± 3,28 | 88,13 ± 3,61 |
| Session 4 | 100,75 ± 3,93 | 100,05 ± 2,91 | 97,00 ± 4,67 | 93,40 ± 3,98 |

Valeurs moyennes ± SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.44 : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas.

Figure 3.44a : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 1.

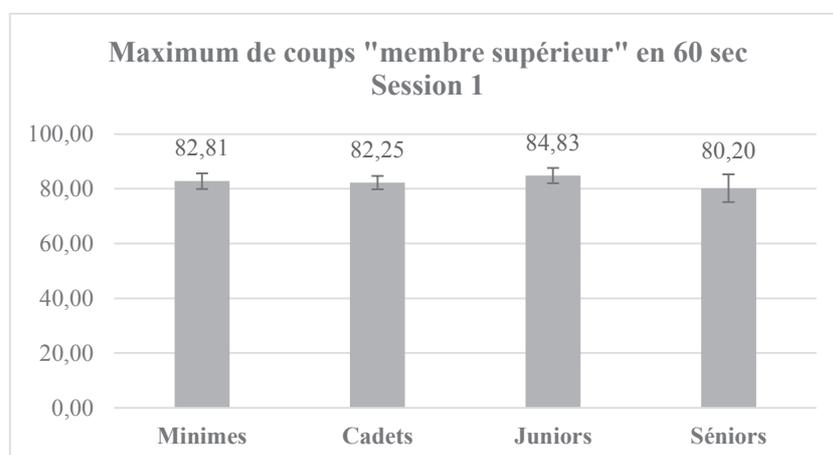


Figure 3.44b : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 2.

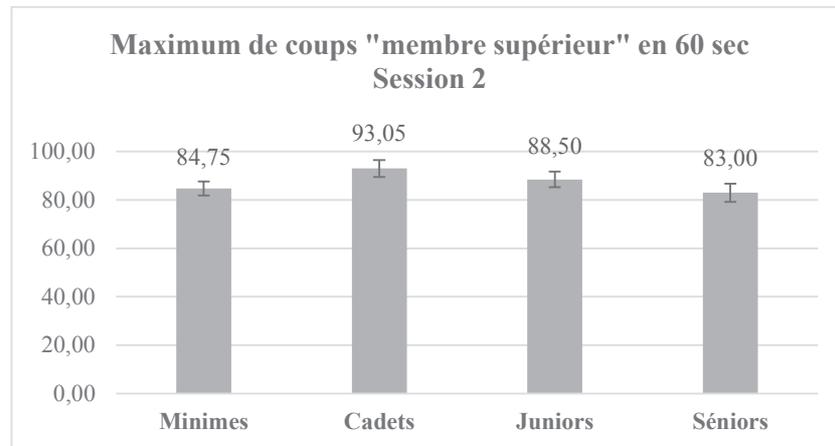


Figure 3.44c : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 3.

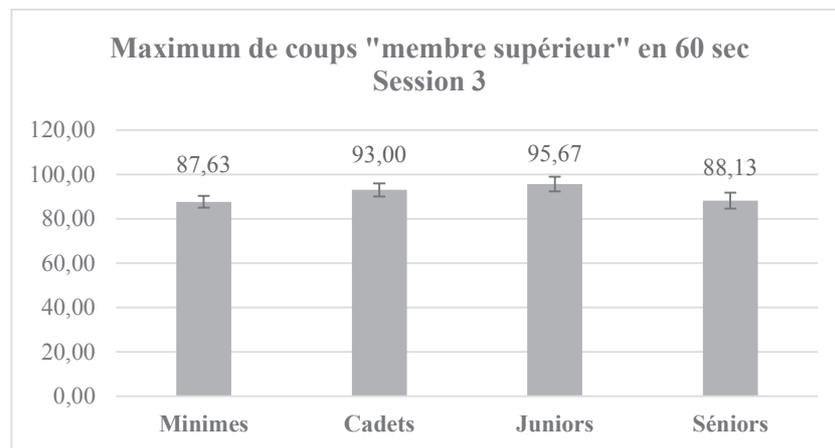


Figure 3.44d : Variations du test Maximum de coups « membre supérieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 1.

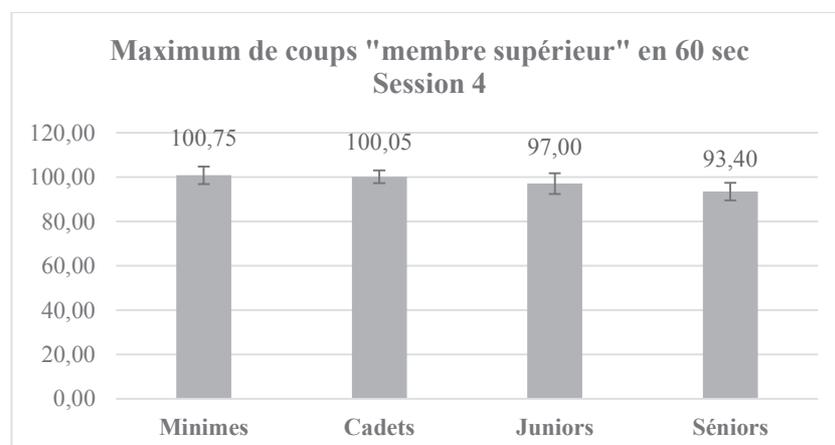


Figure 3.44 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

3.2.13) Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes.

Les tableaux 3.32 et 3.33 présentent les résultats du test « maximum de coups avec le membre inférieur en 60 secondes par catégorie et par session.

Concernant la catégorie « minimes », l'analyse comparative des résultats de ce test montre une amélioration significative des performances à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,05$), ainsi qu'à la session 3 par rapport à la session 2 ($P < 0,05$). Cependant, à la session 4 une amélioration est observée, elle n'est pas significative par rapport à la session 3, mais est significative à $P < 0,001$ par rapport à la session 2.

Pour la catégorie « cadets », garçons et filles ainsi que la catégorie « juniors », aucune différence significative n'est relevée entre les différentes sessions de tests.

Les résultats de la catégorie « séniors », montrent qu'une amélioration significative est relevée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$) ainsi qu'entre la session 3 et la session 2 ($P < 0,001$) suivie enfin d'une stabilisation des performances entre la session 4 par rapport à la session 3 (Tableau 3.32).

Entre catégories, une différence significative est enregistrée à la session 2 entre les juniors et les minimes ($P < 0,05$) et à la session 3 entre les juniors et les minimes ($P < 0,01$) ainsi qu'entre les juniors et les cadets ($P < 0,05$). Aucune différence significative n'est observée à la session 1 et à la session 4 entre les différentes catégories (Tableau 3.33).

Aucune différence significative n'est relevée entre les cadets et les cadettes lors des différentes sessions de tests (Fig. 3.44)

Tableau 3.32 : Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par sessions.

| | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Minimes | 66,81 ± 2,10 | 62,00 ± 1,96* | 65,88 ± 1,68 [§] | 69,13 ± 2,52 ^{§§§} |
| Cadets | Garçons | 72,35 ± 3,57 | 69,30 ± 2,31 | 70,00 ± 2,07 |
| | Filles | 68,50 ± 2,35 | 67,13 ± 3,25 | 62,00 ± 3,97 |
| Juniors | 75,75 ± 3,34 | 72,33 ± 3,91 | 75,58 ± 3,07 | 75,33 ± 4,24 |
| Séniors | 73,53 ± 3,39 | 66,93 ± 3,28*** | 70,73 ± 3,03 [§] | 70,47 ± 2,54 [§] |

Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; *** : à $P < 0,001$; [§] : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; ^{§§§} : à $P < 0,001$.

Figure 3.45 : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas.

Figure 3.45a : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas minimes.

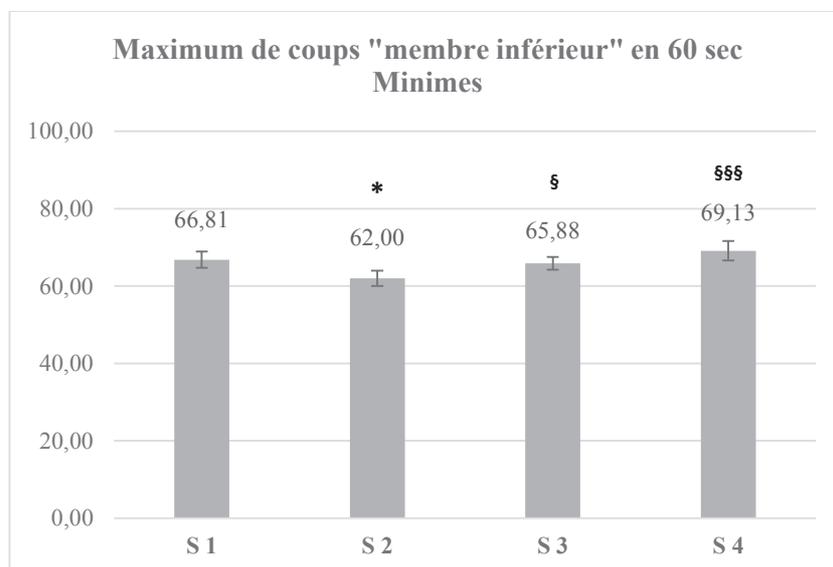


Figure 3.45b : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas cadets.

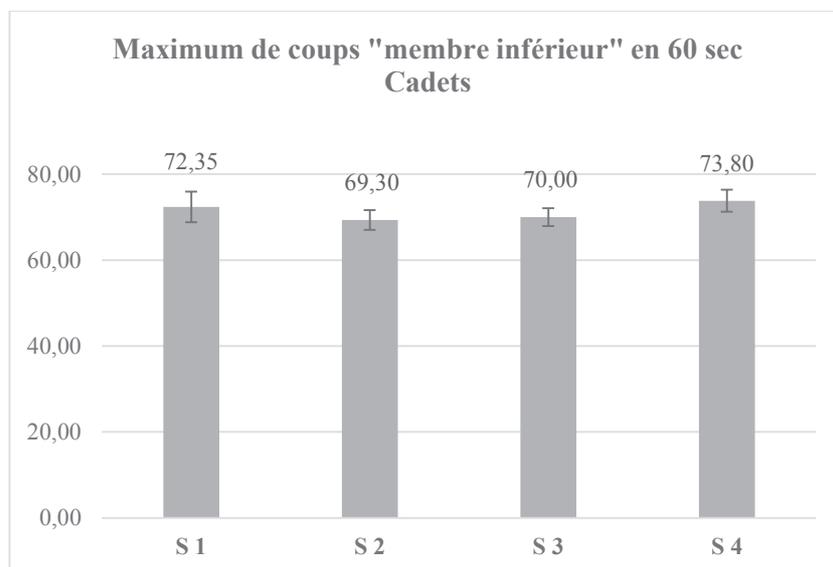


Figure 3.45c : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas juniors.

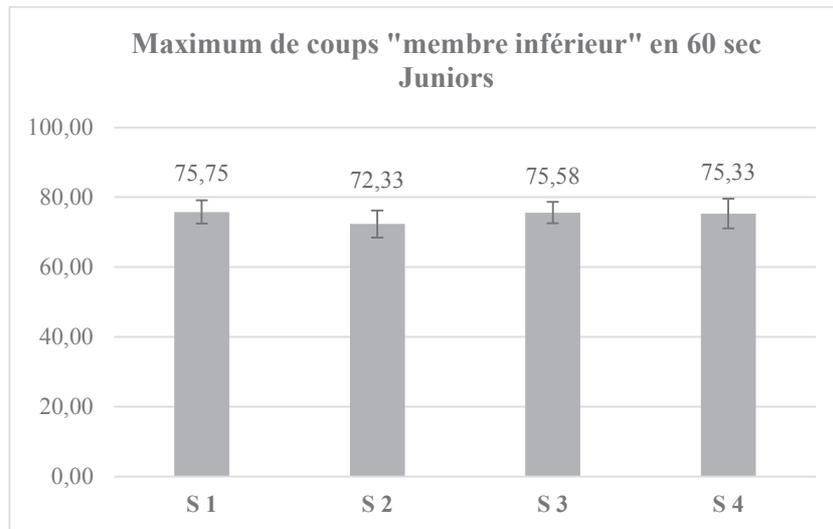


Figure 3.45d : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par sessions chez les karatékas séniors.

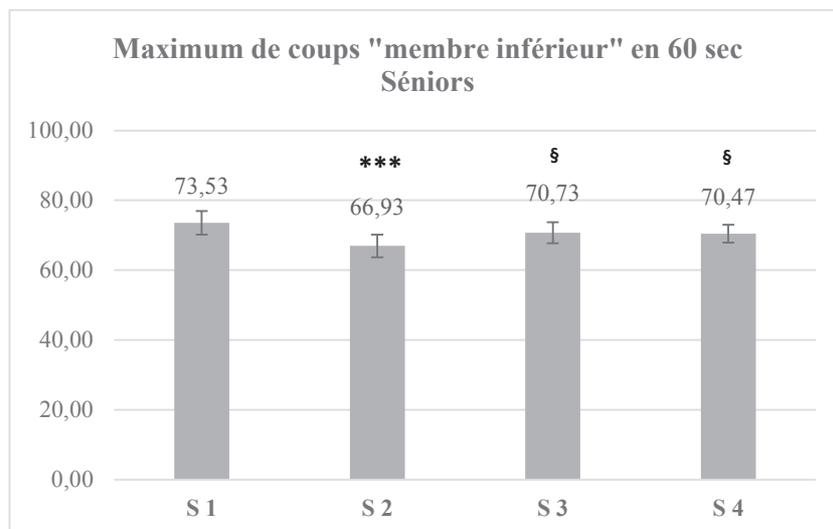
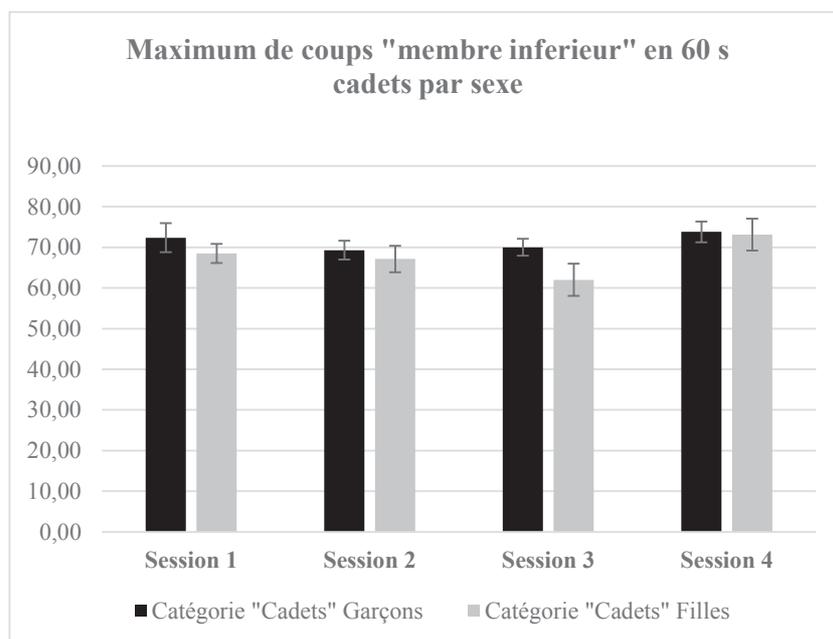


Figure 3.45 a, b, c, d : Valeurs moyennes ± SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; Valeurs moyennes ± SEM ; * : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,05$; *** : à $P < 0,001$; § : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,05$; §§§ : à $P < 0,001$.

Figure 3.46 : Différence des résultats du Test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes ± SEM ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Tableau 3.33 : Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| Session 1 | 66,81 ± 2,10 | 72,35 ± 3,57 | 75,75 ± 3,34 | 73,53 ± 3,39 |
| Session 2 | 62,00 ± 1,96 | 69,30 ± 2,31 | 72,33 ± 3,91 ^{\$} | 66,93 ± 3,28 |
| Session 3 | 65,88 ± 1,68 | 70,00 ± 2,07 | 75,58 ± 3,07 ^{\$\$□} | 70,73 ± 3,03 |
| Session 4 | 69,13 ± 2,52 | 73,80 ± 2,58 | 75,33 ± 4,24 | 70,47 ± 2,54 |

Valeurs moyennes ± SEM ; ^{\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; ^{\$\$} : à P<0,01 ; [□] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à P<0,05 ; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.47 : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas.

Figure 3.47a : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 1.

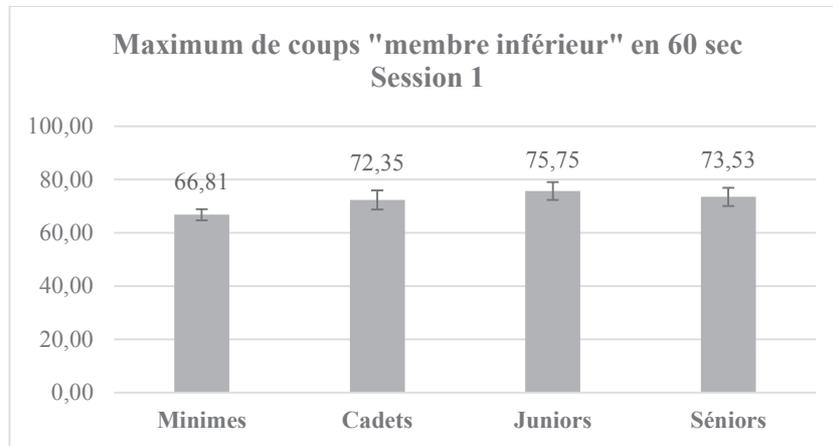


Figure 3.47b : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 2.

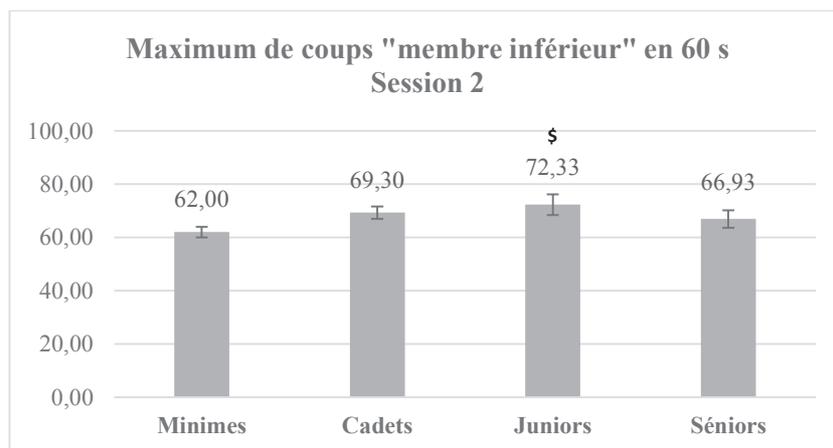


Figure 3.47c : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 3.

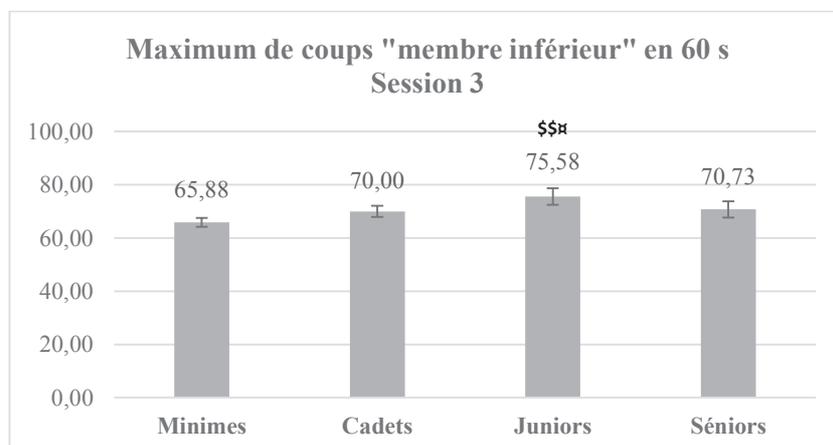


Figure 3.47d : Variations du test Maximum de coups « membre inférieur » en 60 secondes par catégories chez les karatékas à la session 4.

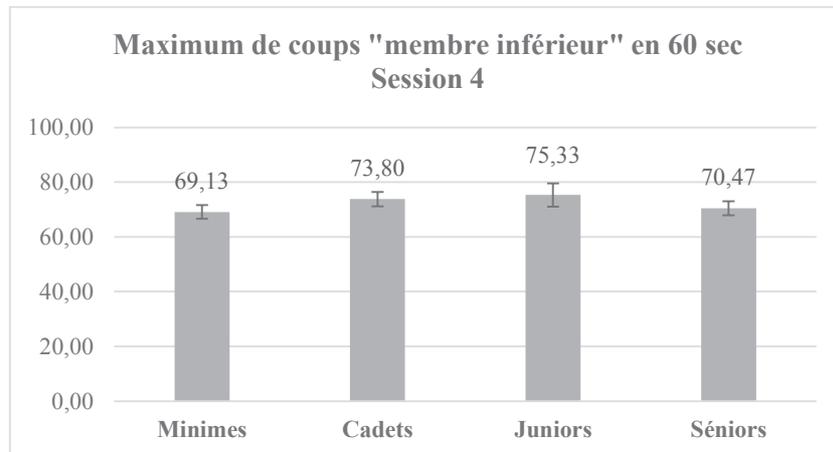


Figure 3.47 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; [§] : différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; [¶] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$.

3.2.13) 300m Navette

Les valeurs moyennes des résultats du test « 300m Navette » par catégorie et par session sont représentées dans les tableaux 3.34 et 3.35 en secondes.

Les résultats de ce test montrent que pour toutes les catégories, cadettes incluses, une amélioration significative des performances est enregistrée à la session 2 par rapport à la session 1 ($P < 0,001$), suivie d'une stabilisation lors des autres sessions de tests, c'est-à-dire, la 3^{ème} et la 4^{ème} session (Tableau 3.34).

Entre les catégories, une différence significative est relevée entre les cadets et les minimes lors de toutes les sessions de tests, elle est à $P < 0,01$ à la session 1, à la session 2 et à la session 4 et à $P < 0,001$ à la session 3. Le même constat est fait pour les juniors et les minimes à $P < 0,001$ lors de toutes les sessions de tests, ainsi qu'entre les juniors et les cadets à $P < 0,05$ et entre les séniors et les minimes à $P < 0,01$ lors des sessions 1, 2 et 4 et à $P < 0,001$ lors de la session 2. Aussi, une différence significative est observée entre les séniors et les juniors à la session 1 à $P < 0,05$ (Tableau 3.35).

Les résultats des cadets montrent une différence significative des performances entre les filles et les garçons lors de toutes les sessions de tests à $P < 0,001$ (Fig. 3.47)

Tableau 3.34 : 300m Navette par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Minimes | | 77,30 ± 1,34s | 72,56 ± 1,14s*** | 72,97 ± 1,01s*** | 72,68 ± 1,06s*** |
| Cadets | Garçons | 75,95 ± 1,25s | 72,08 ± 1,27s*** | 72,13 ± 1,39s*** | 71,73 ± 1,40s*** |
| | Filles | 72,46 ± 1,21s | 67,53 ± 1,41s*** | 67,33 ± 1,26s*** | 67,76 ± 1,33s*** |
| Juniors | | 68,32 ± 1,22s | 64,93 ± 1,22s*** | 65,07 ± 1,02s*** | 64,52 ± 1,03s*** |
| Séniors | | 72,21 ± 1,53s | 67,07 ± 1,51s*** | 67,98 ± 1,28s*** | 67,62 ± 1,50s*** |

Valeurs moyennes ± SEM ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$.

Figure 3.48 : Variations du test 300m Navette par sessions chez les karatékas.

Figure 3.48a : Variations du test 300m Navette par sessions chez les karatékas minimes.

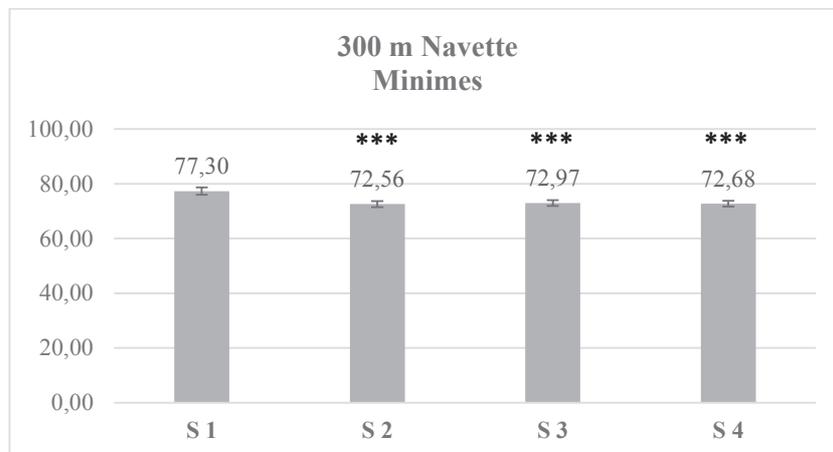


Figure 3.48b : Variations du test 300m Navette par sessions chez les karatékas cadets.

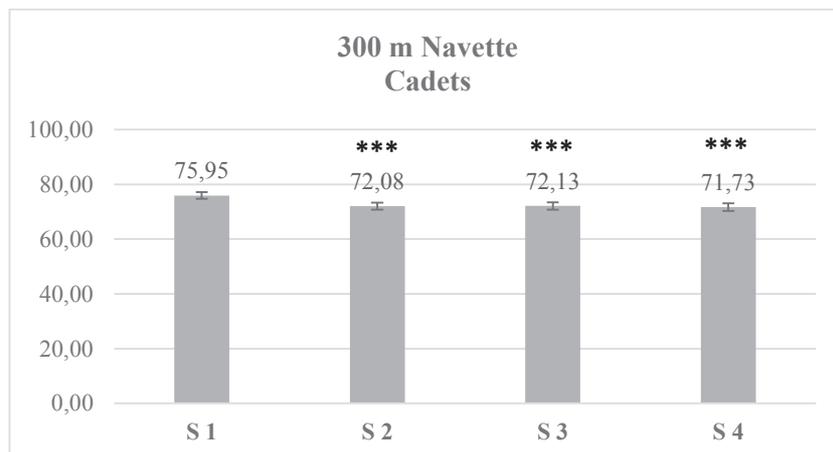


Figure 3.48c : Variations du test 300m Navette par sessions chez les karatékas juniors.

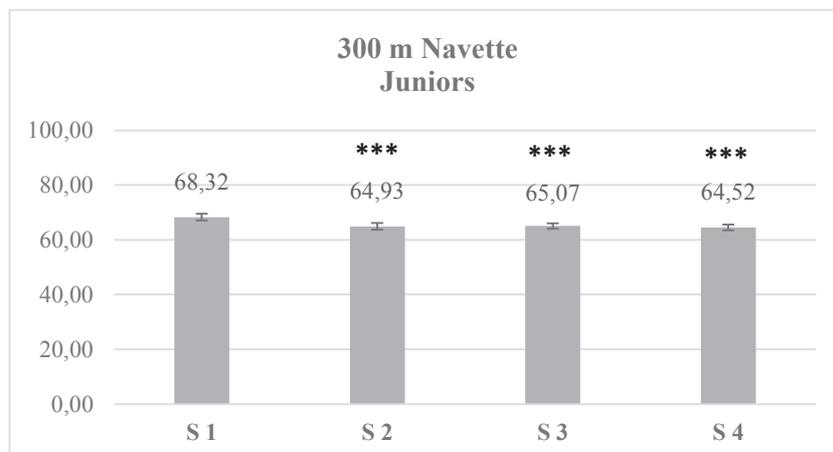


Figure 3.48d : Variations du test 300m Navette par sessions chez les karatékas séniors.

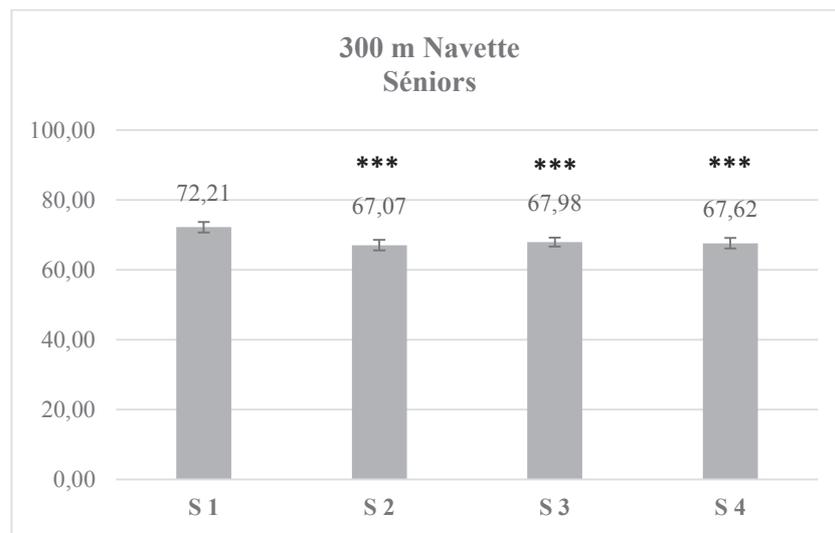
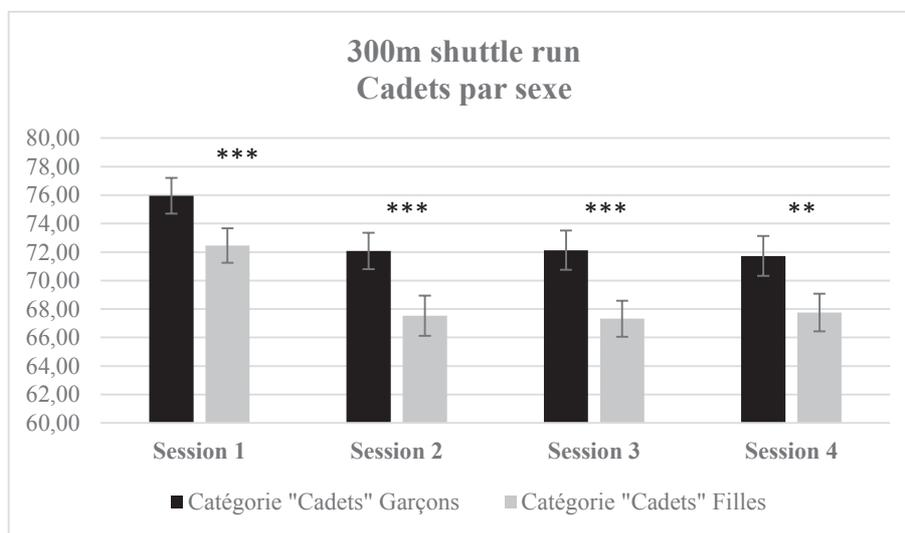


Figure 3.48 a, b, c, d : Valeurs moyennes ± SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; Valeurs moyennes ± SEM ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$; Absence de symboles : pas de différence significative.

Figure 3.49. Différence des résultats du Test 300m Navette dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes ± SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.35 : 300m Navette par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|----------------|---------------------------------|---|---------------------------------|
| Session 1 | 77,30 ± 1,34s | 75,95 ± 1,25s ^{\$\$} | 68,32 ± 1,22s ^{\$\$\$[¤]} | 72,21 ± 1,53s ^{\$\$ ^} |
| Session 2 | 72,56 ± 1,14s | 72,08 ± 1,27s ^{\$\$} | 64,93 ± 1,22s ^{\$\$\$[¤]} | 67,07 ± 1,51s ^{\$\$} |
| Session 3 | 72,97 ± 1,01s | 72,13 ± 1,39s ^{\$\$\$} | 65,07 ± 1,02s ^{\$\$\$[¤]} | 67,98 ± 1,28s ^{\$\$\$} |
| Session 4 | 72,68 ± 1,06s | 71,73 ± 1,40s ^{\$\$} | 64,52 ± 1,03s ^{\$\$\$[¤]} | 67,62 ± 1,50s ^{\$\$} |

Valeurs moyennes ± SEM ; ^{\$\$} : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,01 ; ^{\$\$\$} : à P<0,001 ; [¤] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à P<0,05 ; [^] : différence significative par rapport à la catégorie juniors à P<0,05.

Figure 3.50 : Variations du test 300 m Navette par catégories chez les karatékas.

Figure 3.50a : Variations du test 300 m Navette par catégories chez les karatékas à la session 1.

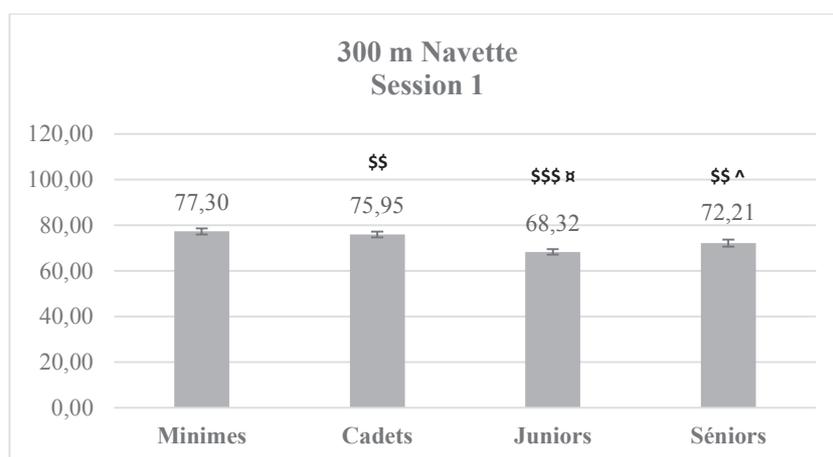


Figure 3.50b : Variations du test 300 m Navette par catégories chez les karatékas à la session 2.

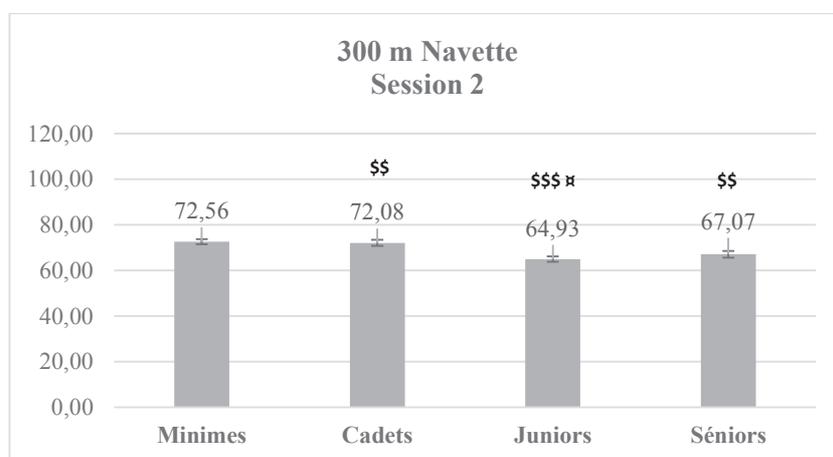


Figure 3.50c : Variations du test 300 m Navette par catégories chez les karatékas à la session 3.

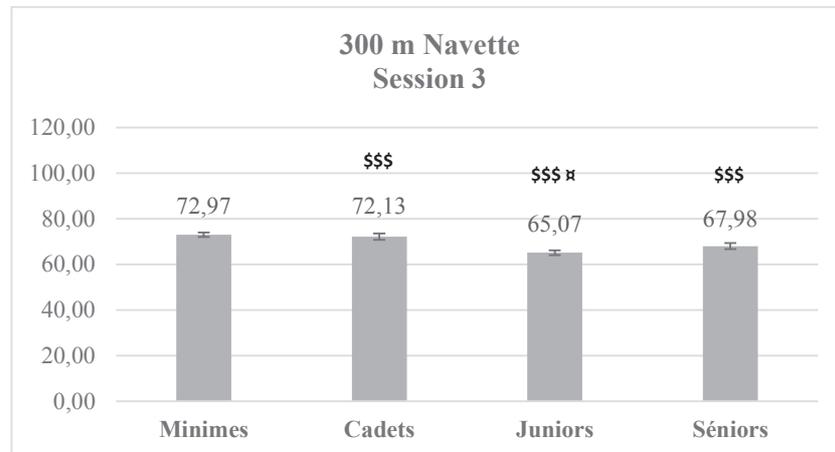


Figure 3.50d : Variations du test 300 m Navette par catégories chez les karatékas à la session 4.

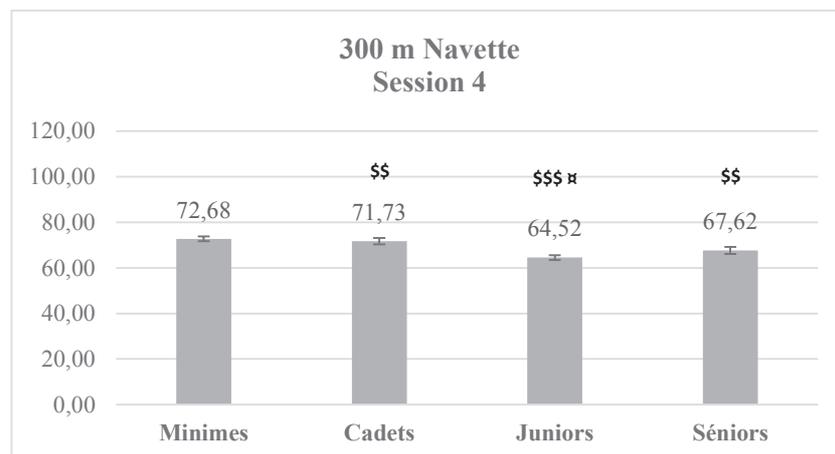


Figure 3.50 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$\$\$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$; [#] : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; ^ : différence significative par rapport à la catégorie juniors à $P < 0,05$.

3.2.14) Course 7 minutes

Les valeurs moyennes des résultats du test « Course 7 minutes » par catégorie et par session sont représentées dans les tableaux 3.36 et 3.37. Les résultats sont présentés en termes de distance parcourue en mètre.

Les résultats du test « course 7 minutes » montrent que pour les minimes, les cadets, les juniors, les séniors et les cadettes, une amélioration significative des performances est observée à la 2^{ème} session par rapport à la 1^{ère} session de tests ($P < 0,001$). Cette amélioration est suivie d'une stabilisation des performances à la 3^{ème} et à la 4^{ème} session, pour les minimes, les juniors, les séniors et aussi pour les cadettes. Pour les cadets, une amélioration significative des performances est relevée à la 3^{ème} session de tests ($P < 0,001$), suivie d'une stabilisation à la 4^{ème} session (Tableau 3.36).

Entre catégories, une différence significative est enregistrée à la 1^{ère} session entre les juniors et les minimes ($P < 0,05$), les séniors et les minimes ($P < 0,001$) et les séniors et les cadets ($P < 0,01$). A la 2^{ème} session entre les cadets et les minimes ($P < 0,05$), ainsi qu'entre les séniors et les minimes ($P < 0,01$). A la 3^{ème} et 4^{ème} session entre les séniors et les minimes ($P < 0,01$) et aussi entre les séniors et les cadets ($P < 0,05$) (Tableau 3.37).

Pour les cadets, une différence significative est observée entre les filles et les garçons à la 2^{ème} session à $P < 0,001$ et à la 3^{ème} et 4^{ème} session à $P < 0,01$ (Fig. 3.50).

Tableau 3.36 : Course 7 minutes par sessions.

| | | Session 1 | Session 2 | Session 3 | Session 4 |
|----------------|----------------|------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Minimes | | 1400,00 ± 42,20m | 1697,19 ± 26,46 *** | 1659,81 ± 24,08 *** | 1697,81 ± 21,07 *** |
| Cadets | Garçons | 1498,75 ± 50,27m | 1807,85 ± 28,67 *** | 1721,30 ± 31,96 *** §§§ | 1743,00 ± 21,83 *** §§§ |
| | Filles | 1396,88 ± 55,93m | 1538,13 ± 55,95 *** | 1549,13 ± 55,73 *** | 1601,25 ± 47,00 *** |
| Juniors | | 1584,17 ± 54,86m | 1749,17 ± 50,74 *** | 1757,92 ± 46,40 *** | 1789,17 ± 46,47 *** |
| Séniors | | 1718,67 ± 66,99m | 1855,67 ± 53,13 *** | 1826,67 ± 49,64 *** | 1830,67 ± 41,49 *** |

Valeurs moyennes ± SEM ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$; §§§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,001$.

Figure 3.51 : Variations du test Course 7 minutes par sessions chez les karatékas.

Figure 3.51a : Variations du test Course 7 minutes par sessions chez les karatékas minimes.

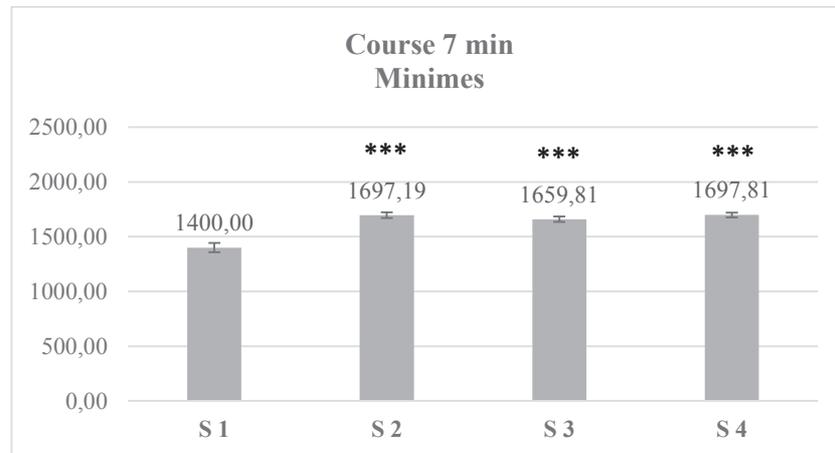


Figure 3.51b : Variations du test Course 7 minutes par sessions chez les karatékas cadets.

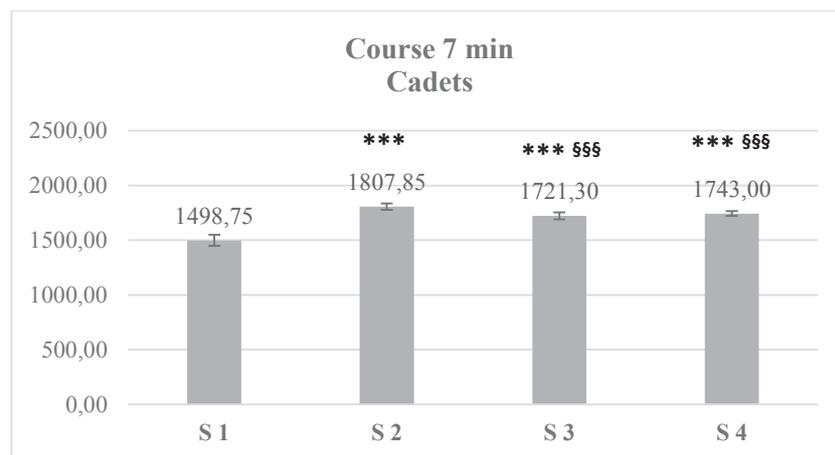


Figure 3.51c : Variations du test Course 7 minutes par sessions chez les karatékas juniors.

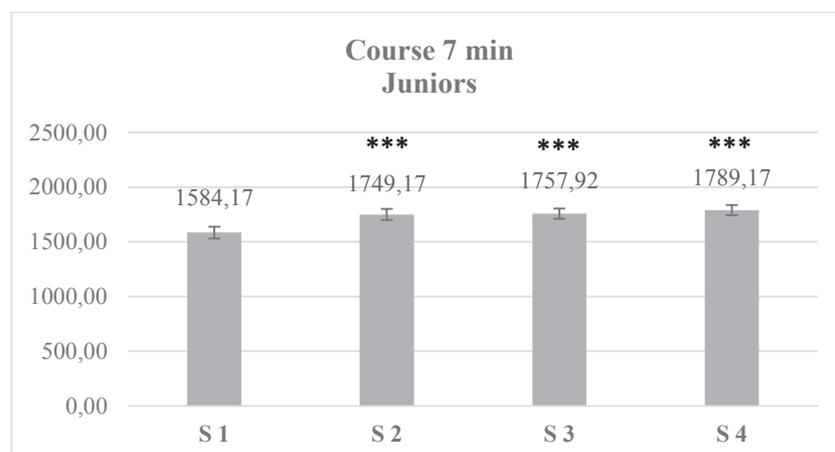


Figure 3.51d : Variations du test Course 7 minutes par sessions chez les karatékas séniors.

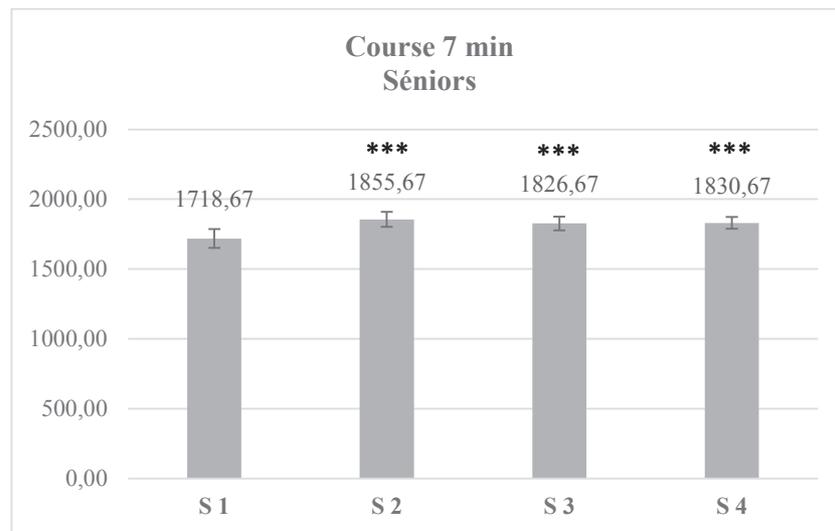
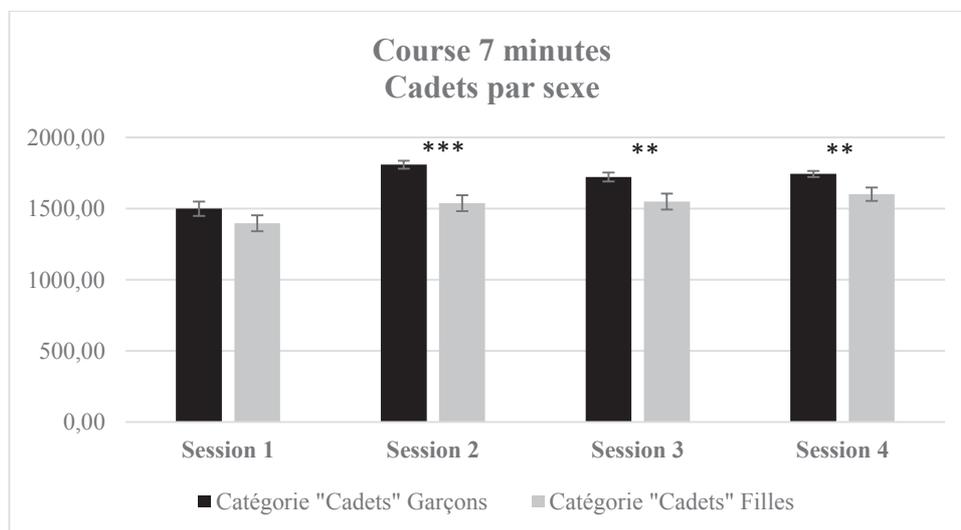


Figure 3.9 a, b, c, d : Valeurs moyennes ± SEM ; S1 : Session 1 ; S2 : Session 2 ; S3 : Session 3 ; S4 : Session 4 ; *** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,001$; §§§ : différence significative par rapport à la session 2 à $P < 0,001$.

Figure 3.52 : Différence des résultats du Test Course 7 minutes dans la catégorie « cadets » par sexe.



Valeurs moyennes ± SEM ; ** : différence significative par rapport à la session 1 à $P < 0,01$; *** : à $P < 0,001$.

Tableau 3.37 : Course 7 minutes par catégories.

| | Minimes | Cadets | Juniors | Séniors |
|------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|--|
| Session 1 | 1400,00 ± 42,20 | 1498,75 ± 50,27 | 1584,17 ± 54,86 [§] | 1718,67 ± 66,99 ^{\$\$\$^{mn}} |
| Session 2 | 1697,19 ± 26,46 | 1807,85 ± 28,67 [§] | 1749,17 ± 50,74 | 1855,67 ± 53,13 ^{\$\$} |
| Session 3 | 1659,81 ± 24,08 | 1721,30 ± 31,96 | 1757,92 ± 46,40 | 1826,67 ± 49,64 ^{\$\$ⁿ} |
| Session 4 | 1697,81 ± 21,07 | 1743,00 ± 21,83 | 1789,17 ± 46,47 | 1830,67 ± 41,49 ^{\$\$ⁿ} |

Valeurs moyennes ± SEM ; § : différence significative par rapport à la catégorie minimes à P<0,05 ; \$\$: à P<0,01 ; \$\$\$: à P<0,001 ; ⁿ : différence significative par rapport à la catégorie cadets à P<0,05 ; ^{mn} : à P<0,01.

Figure 3.53 : Variations du test Course 7 minutes par catégories chez les karatékas.

Figure 3.53a : Variations du test Course 7 minutes par catégories chez les karatékas à la session 1.

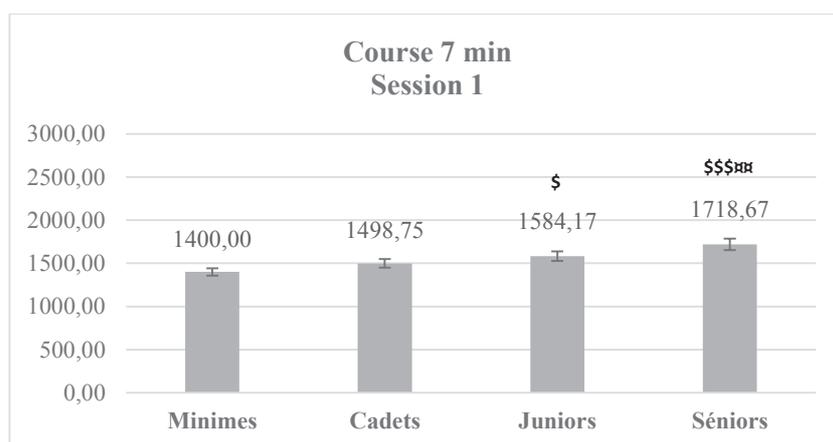


Figure 3.53b : Variations du test Course 7 minutes par catégories chez les karatékas à la session 2.

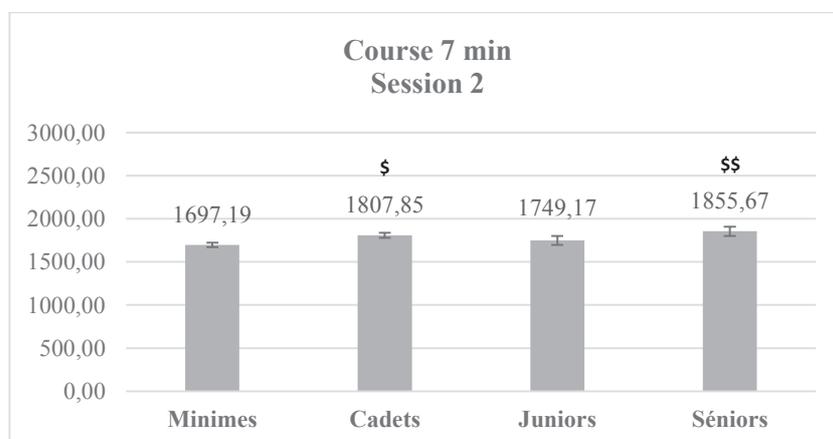


Figure 3.53c : Variations du test Course 7 minutes par catégories chez les karatékas à la session 3.

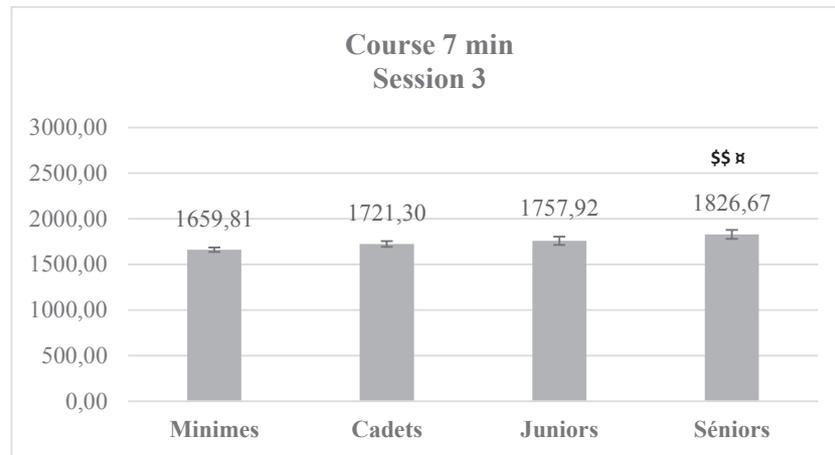


Figure 3.53d : Variations du test Course 7 minutes par catégories chez les karatékas à la session 4.

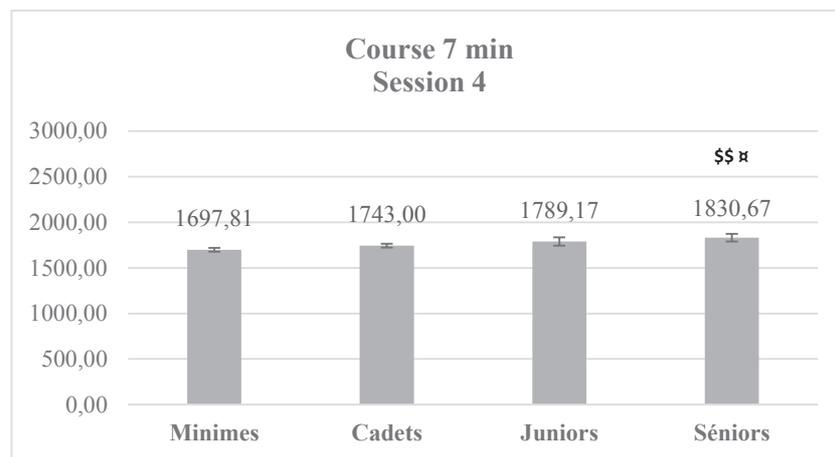


Figure 3.53 a, b, c, d : Valeurs moyennes \pm SEM ; \$: différence significative par rapport à la catégorie minimes à $P < 0,05$; \$\$: à $P < 0,01$; \$\$\$: à $P < 0,001$; α : différence significative par rapport à la catégorie cadets à $P < 0,05$; αα : à $P < 0,01$.

Discussion

Discussion

Notre étude révèle des différences significatives dans la masse corporelle et les performances relatives aux qualités de force, d'endurance, d'explosivité des membres inférieurs, de souplesse et d'agilité entre les différentes catégories. Aucune différence significative n'est relevée dans les performances concernant l'équilibre postural et les tests spécifiques. A l'issue de la période transitoire, les résultats ont montré une augmentation significative de la masse corporelle, une diminution significative des qualités explosives et une stabilisation des performances concernant les autres qualités physiques. La période préparatoire a donné lieu à une augmentation significative des performances, sauf concernant la force et l'explosivité des membres supérieurs, la vitesse et l'agilité. Une augmentation significative des performances concernant l'explosivité des membres inférieurs et supérieurs, la force et l'endurance a été observée lors de la période compétitive. Cependant, aucun changement significatif n'a été remarqué dans les performances des autres qualités physiques.

L'indice de masse corporelle (BMI)

L'indice de masse corporelle est largement employé pour distinguer au sein de la population, le poids normal, le surpoids et l'obésité. Selon Nikolaïdis (2012), il offrirait aux entraîneurs un outil pour développer des programmes d'exercices satisfaisants.

Nos résultats indiquent des valeurs qui augmentent en fonction de l'âge. Ces valeurs montrent que conformément aux critères internationaux, nos athlètes avaient une corpulence normale, vu que leur BMI variait entre 18,5 - 24,9. Ces résultats concordent avec ceux de Catikkas et coll. (2013). Toutefois, une augmentation significative a été remarquée chez toutes les catégories sauf pour les cadettes, entre la session 1 et la session 2 représentant la période transitoire. Cela est peut-être dû à la croissance chez les minimes et les cadets, à l'inactivité qui caractérise cette période et surtout à sa durée importante coïncidant avec le mois de ramadan qui est associé à une augmentation de l'apport nutritionnel entre autres de la ration énergétique, lipidique et protéique (Gharbi et coll., 2003). Une diminution significative est ensuite observée à la session 3, probablement due à la reprise des entraînements et surtout aux contenus de la période préparatoire où un volume important d'entraînement aérobie est administré au début de cette période, ayant pour but le développement des qualités aérobies, la préparation de l'athlète à des charges importantes d'entraînement et le développement de la capacité de récupération

des athlètes. Une stabilisation des résultats est ensuite observée à la session 4 pour l'ensemble des catégories, sauf pour les séniors chez qui une légère augmentation est remarquée.

Une différence significative est observée entre les différentes catégories, liée à la différence d'âge les caractérisant. Cependant, les résultats de la catégorie « cadets » ne montrent aucune différence significative entre les garçons et les filles.

L'équilibre

Un corps est dit en équilibre quand il suit un mouvement uniforme. On parle d'équilibre statique quand le corps est stationnaire et d'équilibre dynamique quand le corps suit un mouvement uniforme à vitesse constante non nulle.

La stabilité d'un corps représente sa capacité à maintenir son état d'équilibre (ou en d'autres termes, à résister à une perturbation de son état d'équilibre). La stabilité d'un combattant dépend de la position de son centre de gravité par rapport à sa base d'appui appelée aussi polygone de sustentation. Plus la surface de la base d'appui d'un corps est importante, plus sa stabilité est importante. Les réactions posturales pour le contrôle de l'équilibre ont un but essentiel, qui est de maintenir le centre de gravité à l'intérieur de la base d'appui.

L'effet du sport sur l'équilibre a largement été documenté. L'entraînement et la répétition des tâches sportives semblent améliorer l'équilibre, en particulier quand impliquant des activités qui nécessitent une plus grande perturbation posturale (Alcantara et coll., 2012).

En karaté, la notion de stabilité fait allusion à la gestion des principes d'actions mécaniques propres au maintien d'un équilibre stable lors de la réalisation des techniques. La pratique du karaté à pieds nus, sur des revêtements mous avec passage d'appui bipodal à un appui unipodal augmente la sensibilité des capteurs vestibulaire et somato-sensoriel. Un facteur de réduction des risques de chutes.

Nos résultats montrent que chez les garçons, les cadets ont réalisé les meilleures performances dans le test Flamingo. Ceci va à l'encontre des résultats de Cesari et Bertuccio (2008) et Filingeri et coll. (2012) qui soutiennent que les karatékas adultes avaient un meilleur contrôle de l'équilibre. Cependant, les meilleurs résultats ont été obtenus par les filles « cadettes ». Ces résultats sont en accord avec ceux d'Odenrick et Sandstedt (1984) et de Papadopoulos et coll. (2012), qui avancent que les filles ont un meilleur contrôle de l'équilibre que les garçons, vu que les « paramètres stabilométriques » sont développés plus tôt chez les

filles. Aussi, que les garçons sont à la traîne dans ce domaine, à cause de leur croissance, ainsi que le développement de leur système neuromusculaire.

Cependant, comparés aux résultats des judokas évalués en saison compétitive par Sterkowicz et coll. (2012), nos athlètes séniors ont eu des résultats équivalents : ($5,57 \pm 1,71$) pour les judokas contre ($5,87 \pm 0,91$) pour les karatékas. Les cadets et les juniors ont eu de meilleurs résultats. Chez les cadets ($9,87 \pm 3,52$) pour les judokas contre ($5,57 \pm 1,33$) pour les karatékas. Et enfin chez les juniors ($6,50 \pm 3,46$) pour les judokas, contre ($4,58 \pm 0,77$) pour les karatékas.

La souplesse

La performance en karaté de haut niveau exige une augmentation de l'amplitude des mouvements et de la souplesse. En compétition, le nombre de points le plus élevé (3 points), est attribué à un coup de pied porté au niveau jodan (tête). Il est donc très important pour le karatéka d'atteindre un niveau de souplesse important et aussi de l'entretenir et le conserver à long terme. A cet effet, un temps important est accordé à cette qualité à l'entraînement et à la préparation en général. Cela permet aussi, de promouvoir la facilité et la grâce du mouvement (important en kata), et aider à prévenir les blessures (Smith, 1994 ; McHugh et Ness, 2008).

Les résultats de notre recherche indiquent une amélioration des résultats pour les minimes, les cadets et les juniors (au cours de la saison sportive) et une stabilisation pour les cadettes et séniors qui ont réalisés les meilleures performances. Cette stabilisation est peut-être due à l'atteinte du maximum de développement de cette qualité chez ces athlètes par rapport à leurs aptitudes morphofonctionnelles. Les résultats de la catégorie « séniors » ($29,63 \pm 4,19$), restent faibles par rapport aux résultats de Heazlewood et Keshishian (2010) avec une moyenne de ($33,9 \pm 10,9$) chez des karatékas australiens de la même catégorie.

La force

Les résultats des tests « SUP » et « maximum de pompes » en 30 secondes, montrent une stabilisation, voire une légère diminution des performances à la session 2 et à la session 3 de tests. Cela est dû, à la session 2, à la durée de la période transitoire. Cependant, entre la session 2 et la session 3, durant la période préparatoire, un volume important d'entraînement est destiné au développement des qualités aérobies des athlètes en vue de les préparer à tenir le temps de combat, voire plusieurs combats en compétition.

L'interférence de la filière aérobie sur le développement de la force a fait l'objet d'un certain nombre d'études. Hickson (1980) a montré qu'un entraînement combiné en force et en endurance de 10 semaines amène à une progression plus faible de la force maximale (+25%), comparé à un groupe qui s'entraîne uniquement en force (+45%). Par ailleurs, l'auteur note une régression de la force, chez les personnes ayant suivi des séances d'entraînement combiné, en fin de cycle (8-10ème semaine d'entraînement). Les interférences, entre développement de la force et de l'endurance, seraient à la fois d'origine nerveuse (dite "centrale") et musculaire (dite "périphérique"). L'origine musculaire est mise en évidence par l'étude de Craig et coll. (1991). Elle montre une différence significative de circonférence de cuisse avant et après entraînement pour le groupe entraîné en force. L'origine nerveuse a été mise en évidence par Häkkinen & coll. (2003), par des mesures par électromyogramme (EMG) et du pic de force, montrant des différences entre deux groupes, l'un entraîné en endurance" et l'autre en force.

Il a été aussi montré une différence d'expression de la force à des vitesses élevées (Dudley ; Djamil, 1985). En effet, les personnes entraînées de manière combinée n'ont pas eu de progrès de force à des vitesses élevées, alors qu'on retrouve un progrès chez ceux entraînés uniquement en force. L'interférence entre le développement de la force et de l'endurance a été mise en évidence par une étude de Kraemer et coll. (1985). Cette interférence serait due à un conflit entre deux enzymes : mTOR (mammalian target of rapamycin) et AMPK (AMP-activated protein kinase). La première est impliquée dans les processus d'hypertrophie musculaire, la seconde est associée à l'augmentation en nombre et en taille des mitochondries musculaires. Selon ces auteurs, il semblerait qu'AMPK inhibe l'activité de mTOR.

Bell et coll. (2000) montrent qu'un entraînement en force suivi d'un entraînement en endurance permet un meilleur développement de la force que dans l'ordre inverse. Il s'agit donc de planifier l'entraînement de la force en premier, puis l'entraînement pour développer la capacité aérobie.

Robineau et coll. (2014) ont formé des groupes qui ont enchainé un entraînement de force et un entraînement aérobie (sans délai/après 6 heures/après 24 heures). Il ressort que le développement de la force est moins élevé pour le groupe sans délai de récupération. Un délai de récupération de 6 heures semble un minimum dans le cadre d'un entraînement biquotidien et un délai de 24 heures de récupération permet une meilleure expression de la force à des vitesses faibles et élevées.

Par ailleurs, le nombre de séances d'entraînement à dominante aérobie peut avoir également une influence sur la force. Il semblerait que plus de deux séances par semaines

d'entraînement aérobique impacterait négativement le développement de la force (Wilson et coll., 2012).

Une augmentation des résultats est observée à la session 4 par rapport à la session 3 pour le test « maximum de pompes », alors qu'une baisse des performances est remarquée dans les résultats du test « sit ups ». Dans la période compétitive, l'entraînement semble être, beaucoup plus, axé sur le développement de la force des membres supérieurs et inférieurs. Les entraîneurs semblent négliger le développement de la force des muscles abdominaux, qui pourtant, jouent un rôle important en tant que stabilisateurs et aussi dans le transfert de la force des membres inférieurs aux membres supérieurs.

Entre catégories, une différence significative est seulement remarquée entre les minimes et les autres catégories. Aucune différence n'est remarquée entre les cadets, les juniors et les séniors. Selon Le Chevalier et Pradet (2003), l'entraînement de la force chez les enfants et les adolescents est sujet à débat. D'un côté, on prétend qu'il est vain d'espérer accroître la force avant la puberté en raison de leur immaturité sexuelle. De l'autre, la simple observation de jeunes sportifs montre qu'ils réalisent des « exercices de force » dont ne sont pas capables des enfants non sportifs du même âge. D'un côté, l'accent est mis sur les méfaits imputables à la spécialisation précoce et aux charges excessives de l'entraînement sur l'appareil locomoteur. De l'autre, les bienfaits à attendre de l'exercice physique sont mis en avant.

Toujours selon ces auteurs, globalement, la force augmente avec l'augmentation de la masse musculaire et s'accroît linéairement avec l'âge. Les valeurs mesurées, absolues ou relatives, étant légèrement plus basses chez les filles. Ceci explique, en partie, la différence significative entre garçons et filles de la catégorie « cadets » de notre échantillon et ceci dans les différentes sessions de tests.

A partir de la puberté, on assiste à une amélioration des gains de force chez les garçons et leur ralentissement, voire leur stagnation chez les filles. Cette différence d'évolution s'explique par les effets trophiques plus marqués des androgènes (substances hormonales mâles) que ceux des œstrogènes (substances hormonales femelles) sur la masse musculaire. De surcroît, les œstrogènes augmentent le pourcentage de masse grasse de l'organisme, ce qui désavantage un peu plus les filles lorsque les valeurs sont rapportées à l'unité de poids corporel. En revanche, lorsque les valeurs sont rapportées à l'unité de masse maigre des groupes musculaires qui travaillent, les différences entre filles et garçons s'estompent, suggérant qu'il n'existe pas de différence qualitative entre les sexes, ni entre les enfants et les adultes (Davies

et coll. in Le Chevalier ; Pradet, 2003). Selon les auteurs, en dépit de différences liées à l'imprégnation hormonales, la force maximale d'un muscle paraît essentiellement déterminée par sa surface de section et indépendante du sexe et de l'âge.

L'explosivité

La structure temporelle de l'effort en karaté montre que celui-ci est caractérisé par des positions larges et des mouvements explosifs incluant des techniques de main et de pied. Les résultats des tests évaluant l'explosivité des membres inférieurs et supérieurs des karatékas montrent une diminution significative entre la session 1 et la session 2 des tests, pour toutes les catégories garçons excepté les cadettes chez qui les résultats ont montré une stabilisation des performances. L'importance de la durée de la période transitoire semble jouer un rôle négatif sur les qualités explosives des karatékas. Un paramètre jouant en défaveur de l'atteinte de hautes performances. Une amélioration des résultats est ensuite remarquée, seulement pour les membres inférieurs, due à l'effet de la période préparatoire où les qualités explosives de cette partie du corps sont sollicitées. Une stabilisation des résultats est constatée pour les membres supérieurs qui ne semblent pas être assez stimulés pendant cette période. Une augmentation des résultats est ensuite notée, due au caractère spécifique de l'entraînement en karaté répondant aux exigences de cette discipline où il y a prédominance du caractère explosif.

Chez les cadets, une différence significative est toujours observée entre les filles et les garçons, en faveur de ces derniers et ce pour les trois tests d'explosivité. Cela est en accord avec les constats faits sur des karatékas vietnamiens (Bao et coll., 2014) et croates (Blazevič et coll., 2006).

Cependant, l'âge des athlètes induisant un développement différent de leur capacité de force, a influé significativement sur les différences dans les résultats réalisés dans les tests à caractère explosif. Cette différence est beaucoup plus perçue chez les athlètes ayant un écart d'âge important entre eux, comme les séniors et les minimes, ainsi que les juniors et les minimes.

Capacité d'agilité

L'agilité conditionnée par l'association de la vitesse et de la coordination, semble être très importante en karaté. Il est vrai que la génétique joue un rôle très important dans le développement de cette qualité. Celle-ci, semble être héréditairement développée chez quelques

individus. Leur vitesse et agilité est meilleure sans aucun effort de leur part. Toutefois, tout le monde peut développer cette qualité avec un entraînement adéquat.

En comparaison avec les résultats d'autres études (Boheram, 1986 ; Demirel et coll., 1990 ; Uzuncan, 1991 et Vaeyens et coll., 2015) prélevés de l'étude de Sevinç et coll (2015), nos résultats semblent meilleurs et ce chez toutes les catégories.

Cependant, les meilleurs résultats par les cadets et les juniors. Ceci, est en accord avec les constatations de Bianco et coll. (2015), qui soutiennent qu'en matière de vitesse et d'agilité, les enfants et les adolescents avaient de meilleurs résultats que les adultes. Selon ces auteurs, ceci est dû à une activité physique importante, aux changements hormonaux et au développement de la force ainsi que l'ensemble des habilités y afférentes, durant cette période de croissance.

Capacité de vitesse (10m ; 30m ; 50m)

Les résultats obtenus sur les courses de 10m, 30m et 50m montrent qu'il n'existe aucune différence significative entre les cadets, les juniors et les séniors. Une différence significative existe seulement entre les trois catégories suscitées et les minimales. L'entraînement et la compétition en karaté se réalisant sur une surface limitée, semble ne jouer aucun rôle dans le développement de cette qualité. Une stabilisation, voire même, une diminution des résultats est observée durant la saison sportive particulièrement à la 2^{ème}, 3^{ème}, et 4^{ème} session où l'entraînement tend à être plus spécifique.

Aussi, il est important de signaler que les performances de notre échantillon sont très faibles par rapport aux performances d'autres disciplines sportives. Nous prenons comme exemple, la meilleure performance moyenne en course de 10m, réalisée par nos séniors à la 1^{ère} session de tests qui est de $2,44 \pm 0,04s$, qui reste faible par rapport aux footballeurs avec une moyenne de $1,87 \pm 0,06s$ dans l'étude de Maly et coll. (2011) sur les U16 de l'équipe nationale tchèque, de $1,80 \pm 0,06s$ dans l'étude de Cometti et coll. (2001) sur les joueurs français de première league, de $1,75 \pm 0,08s$ dans l'étude de Strudwick et coll. (2002) sur une équipe anglaise de première league et de 1,82 dans l'étude de Wisløff et coll. (2004) sur une équipe d'élite norvégienne.

La même tendance est observée pour les sprints sur 30m et 50m. La meilleure performance sur 30m a été réalisée par les séniors à la 1^{ère} session de tests, avec une moyenne

de $5,31 \pm 0,11$ s. Les résultats des footballeurs sont de : $4,22 \pm 0,19$ s ; $4,00 \pm 0,20$ s et $4,38 \pm 0,18$ s dans les études de Cometti et coll. (2001) ; Wisløff et coll. (2004) et Chamari et coll. (2004) respectivement.

La meilleure performance sur 50m a été réalisée par les juniors à la 2^{ème} session de tests avec une moyenne de $7,69 \pm 0,22$ s. Les résultats des footballeurs sont de $6,80 \pm 0,13$ s dans l'étude de Pivovarníček et coll. (2014) réalisée sur l'équipe nationale slovaque des U21 ainsi que des footballeurs de différentes équipes slovaques du même âge.

Chez les cadets, une différence significative est toujours observée entre filles et garçons en faveur de ces derniers, à toutes les sessions de tests et dans les trois distances de course.

Capacités aérobie et anaérobie

Durant la période préparatoire une augmentation significative des performances en endurance aérobie et anaérobie a été observée. Ceci est en accord avec les résultats de Ravier et coll. (2009) qui dans leur étude sur les adaptations liées à l'entraînement intermittent intensif chez des karatékas d'élite, ont observé qu'un entraînement de 7 semaines à raison de 2 séances par semaine induirait une augmentation des performances de la consommation maximale d'oxygène et de la capacité anaérobie d'athlète de très haut niveau.

Cependant, concernant les performances en endurance aérobie, l'augmentation de celles-ci a été constatée seulement dans le test de « Course 7min » et pas dans le test Luc-Léger « 20m Navette ». Ceci est sûrement dû au régime de travail adopté dans la période préparatoire qui est axée principalement sur la méthode continue. Toutefois, les résultats du test « 20m Navette », n'indiquent aucune diminution des performances mais une stabilisation de celles-ci.

L'effort intermittent caractérisant l'activité karaté, ainsi que la haute intensité du kumite, expliquent en partie l'augmentation significative de la capacité aérobie des karatékas composant notre échantillon dans les périodes qui ont suivies à savoir : spécifique, précompétitive et compétitive. Ceci a été observée par le biais de changements survenus dans les résultats du test « 20m Navette ». Une stabilisation des résultats du test « Course 7min » a été relevée durant toutes ces périodes. Le même constat a été fait concernant la capacité anaérobie.

Il apparait donc plus judicieux d'utiliser l'intermittent comme méthode de développement des capacités anaérobies et aérobies en karaté.

Tests spécifiques (maximum de coups membres inférieurs et supérieurs)

Le niveau technique des karatékas constituant notre échantillon, ayant une expérience allant de 5 à 15 ans de pratique, donne lieu, dans une large mesure, à une saturation dans la performance des tests spécifiques. Selon Blazević (2006), en règle générale, ces tests évaluent la vitesse et l'agilité spécifiques aux karatékas. La vitesse spécifique est liée à la capacité d'exécution rapide des coups (dans une série) et l'agilité spécifique est la capacité d'utiliser la force et/ou la puissance explosive contrôlée par l'efficacité de la mobilité du karatéka. Ces deux aptitudes spécifiques du karatéka intègrent également toutes les autres compétences de base : la force explosive, la vitesse, l'endurance et la coordination en particulier. La force explosive va ainsi influencer sur la performance réalisée dans ces tests. Outre la force explosive, la vitesse et la fréquence respiratoire et l'agilité spécifique seront également influencées par la fréquence gestuelle des mouvements, et la coordination respectivement.

Une légère fluctuation est observée dans ces tests, concernant beaucoup plus les catégories minimes et seniors, chez qui on a constaté une variation des performances due à l'effet de la période transitoire et aussi de la période de préparation. Aucune variation significative des performances n'a été remarquée chez les cadets des deux sexes et les juniors.

Les résultats des garçons et des filles de la catégorie « cadets » ne montrent aucune différence significative entre les deux sexes, dans toutes les sessions de tests.

Conclusion

Conclusion

Les résultats de notre étude montrent que relativement aux différentes périodes de la préparation, l'entraînement en karaté a conduit à des variations différentes des performances physiques chez les différentes catégories et aussi chez les garçons et les filles de la catégorie « cadette ». En plus d'une augmentation significative de la masse corporelle, la période transitoire a été marquée par une diminution significative des qualités explosives et une stabilisation des performances concernant les autres qualités physiques. La période préparatoire a donné lieu à une augmentation significative des performances, sauf concernant la force et l'explosivité des membres supérieurs. Aussi, aucun changement n'a été observé concernant la vitesse et l'agilité. La période compétitive est caractérisée par une augmentation significative des performances concernant l'explosivité des membres inférieurs et supérieurs, la force et l'endurance. Cependant, aucun changement significatif n'a été observé dans les performances des autres qualités physiques.

Entre catégories, des différences significatives entre les catégories séniors (juniors et séniors) et les catégories jeunes (minimes et cadets) sont observées dans la masse corporelle et les performances relatives aux qualités de force, d'explosivité des membres inférieurs, de souplesse et d'agilité. Cependant, concernant l'explosivité des membres supérieurs, la vitesse sur 30m et 50m et l'endurance, les différences sont observées seulement entre les minimes et les autres catégories. Aucune différence significative n'est relevée dans les performances concernant l'équilibre postural, la vitesse sur 10m et les tests spécifiques.

Les différences significatives entre les filles et les garçons de la catégorie « cadets » ont tous été en faveur de ces derniers et ont touché les qualités d'explosivité, de force, de vitesse, d'endurance et d'agilité. Aucune différence significative n'est remarquée concernant la masse corporelle, l'équilibre postural, la souplesse et les tests spécifiques.

Une baisse de performance générale a été remarquée à l'issue de la saison de tests par rapport à la saison précédente. Il est donc important de revoir le contenu d'entraînement, en termes d'intensité et de volume, surtout durant la période transitoire qui semble avoir un impact négatif sur les performances physiques, probablement en raison de sa durée prolongée, et aussi durant la période préparatoire en essayant d'éliminer les effets néfastes d'une qualité physique par rapport à une autre.

*Références
bibliographiques*

- Alcantara, C. P. A., Prado, J. M., & Duarte, M. (2012). Analysis of the balance control in surfers during the erect posture. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18(5), 318-321.
- Amusa, L. O., & Onyewadume, I. (2001). Anthropometry, body composition and somatotypes of Botswana national karate players: a descriptive study.
- Anderson, B., & Burke, E. (1991). Scientific, medical, and practical aspects of stretching. *Clinics in sports medicine*, 10(1), 63.
- Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., Promenzio, L., Tarantino, U., & De Lorenzo, A. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(4), 507-511.
- Angulo, J., Terreros, J., Aragonés, M. T., Sánchez, E., López, C., & Arnaudas, C. (1990). Kárate. Cargas de lactatemia en entrenamiento y en competición. *Apunts Medicina de l' Esport (Castellano)*, 27(106), 275-282.
- Arriaza, R., Leyes, M., Zaeimkohan, H., & Arriaza, A. (2009). The injury profile of Karate World Championships: new rules, less injuries. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 17(12), 1437-1442.
- Artioli, G. G., Gualano, B., Franchini, E., Batista, R. N., Polacow, V. O., & Lancha Jr, A. H. (2009). Physiological, performance, and nutritional profile of the Brazilian Olympic Wushu (kung-fu) team. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 20-25.
- Baker, J., & Bell, W. (1990). Energy-expenditure during simulated karate competition. *Journal of Human Movement Studies*, 19(2), 69-74.
- Bangsbo, J. (1993). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 619, 1-155.
- Bangsbo, J. (1994). Physiological demands of football *Handbook of Sports Medicine and Science Football (soccer)*: Blackwell Publishing Ltd.
- Bao, V. V., Phuong, L. Q., & Vu Triet, T. Q. (2014). Changes of physiological and physical fitness of elite Karate athletes after preparative training period *International Journal of Health, Physical Education and Computer Science in Sports* 15(01), 534-536.
- Baquet, G., Berthoin, S., Gerbeaux, M., & Van Praagh, E. (2001). High-intensity aerobic training during a 10-week one-hour physical education cycle: effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *International journal of sports medicine*, 22(04), 295-300.
- Bar-Or, O. (1995). The young athlete: some physiological considerations. *Journal of sports sciences*, 13(S1), S31-S33.
- Beekley, M. D., Abe, T., Kondo, M., Midorikawa, T., & Yamauchi, T. (2006). Comparison of normalized maximum aerobic capacity and body composition of sumo wrestlers to athletes in combat and other sports. *J Sports Sci Med*, 5(CSSI), 13-20.

- Bell, G., Syrotuik, D., Martin, T., Burnham, R., & Quinney, H. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European journal of applied physiology*, 81(5), 418-427.
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J., & Hutler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *Eur J Appl Physiol*, 92(518-523), 371.
- Bernez, J.-G. (1982). *Modifications de la fonction cardiaque et des échanges respiratoires globaux induites par l'entraînement au karate*: Université de Nancy. Faculté A et B de Médecine.
- Berthoin, S., Blondel, N., Billat, V., & Gerbeaux, M. (2001). La vitesse à V. *STAPS*, 54, 045-061.
- Bianco, A., Jemni, M., Thomas, E., Patti, A., Paoli, A., Roque, J. R., Tabacchi, G. (2015). A Systematic review to determine reliability and usefulness of the field-based test batteries for the assessment of physical fitness in adolescents–The asso project. *Int J Occup Med Environ Health*, 28(3), 445-478.
- Bianco, A., Jemni, M., Thomas, E., Patti, A., Paoli, A., Roque, J. R., Tabacchi, G. (2015). A Systematic review to determine reliability and usefulness of the field-based test batteries for the assessment of physical fitness in adolescents–The asso project. *Int J Occup Med Environ Health*, 28(3), 445-478.
- Biéchy, J.-P. (2012). *Approche systémique de la performance sportive : amphora*.
- Billat, V. (2003). *Physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique* : De Boeck Supérieur.
- Billat, V., Slawinski, J., Bocquet, V., Chassaing, P., Demarle, A., & Koralsztein, J. (2001). Very Short (15 s-15 s) Interval-Training Around the Critical Velocity Allows Middle-Aged Runners to Maintain $\dot{V}O_2$ max for 14 minutes. *International journal of sports medicine*, 22(03), 201-208.
- Billat, V. L., Demarle, A., Slawinski, J., Paiva, M., & Koralsztein, J.-P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(12), 2089-2097.
- Blažević, S., Katić, R., & Popović, D. (2006). The effect of motor abilities on karate performance. *Collegium antropologicum*, 30(2), 327-333.
- Boreham, C. A. G., Policzka, V. J., & Nichols, A. K. (1986). Fitness Testing Of Belfast School Children. *5 Th European Research Seminar on Testing Physical Fitness. Formia*.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795.
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., & Franchini, E. (2012). Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European journal of applied physiology*, 112(4), 1221-1228.

- Catikkas, F., Kurt, C., & Atalag, O. (2013). Kinanthropometric attributes of young male combat sports athletes. *Collegium antropologicum*, 37(4), 1365-1368.
- Cavanagh, P. R., & Landa, J. (1975). A Biomechanical Analysis of the Karate Chop.
- Cesari, P., & Bertucco, M. (2008). Coupling between punch efficacy and body stability for elite karate. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(3), 353-356.
- Chaabane, H., Mkaouer, B., Franchini, E., Souissi, N., Selmi, M. A., Nagra, Y., & Chamari, K. (2014a). Physiological responses and performance analysis difference between official and simulated karate combat conditions. *Asian journal of sports medicine*, 5(1), 21.
- Chaabène, H. (2015). Karate Kumite: How to Optimize Performance. *Physical Determinants of Karate Kumite. USA, OMICS group ebooks. Viitattu*, 15, 2016.
- Chaabène, H., Franchini, E., Miarka, B., Selmi, M. A., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2014). Time-motion analysis and physiological responses to karate official combat sessions: is there a difference between winners and defeated karatekas. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(2), 302-308.
- Chaabène, H., Franchini, E., Sterkowicz, S., Tabben, M., Hachana, Y., & Chamari, K. (2015). Physiological responses to karate specific activities. *Science & Sports*, 30(4), 179-187.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Attia, A., Mkaouer, B., Chaabouni, S., & Chamari, K. (2012). Relative and absolute reliability of karate specific aerobic test (ksat) in experienced male athletes. *Biology of Sport*, 29(3), 211.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., Montassar, M., & Chamari, K. (2012a). Reliability and construct validity of the karate-specific aerobic test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3454-3460.
- Chaabene, H., Hachana, Y., Franchini, E., Tabben, M., Mkaouer, B., Negra, Y., Chamari, K. (2015a). Criterion Related Validity of Karate Specific Aerobic Test (KSAT). *Asian journal of sports medicine*, 6(3).
- Chaabène, M. H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
- Chaabène, M. H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J., Wisløff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(2), 191-196.
- Cometti, G., Maffiuletti, N., Pousson, M., Chatard, J.-C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International journal of sports medicine*, 22(01), 45-51.

- Craig, B. W., Lucas, J., Pohlman, R., & Stelling, H. (1991). The Effects of Running, Weightlifting and a Combination of Both on Growth Hormone Release. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 5(4), 198-203.
- Dellal, A. (2008). *De l'entraînement à la performance en football* : De boeck.
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M. A., Aschieri, P., Eusebi, F., Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European journal of applied physiology*, 107(5), 603-610.
- Doutreloux, J.-P. (1998). *Physiologie et biologie du sport* : Vigot.
- Drozdowska, B., Münzer, U., Adamczyk, P., & Pluskiewicz, W. (2011). Skeletal status assessed by quantitative ultrasound at the hand phalanges in karate training males. *Ultrasound in medicine & biology*, 37(2), 214-219.
- Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance-and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.
- Education, P. (2014). The influence of karate practice level and sex on physiological and perceptual responses in three modern karate training modalities. *Biol. Sport*, 31, 201-207.
- Filingeri, D., Bianco, A., Zangla, D., Paoli, A., & Palma, A. (2012). Is karate effective in improving postural control?
- Fleishman, E. A. (1964). The structure and measurement of physical fitness.
- Francescato, M., Talon, T., & Di Prampero, P. (1995). Energy cost and energy sources in karate. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 71(4), 355-361.
- Franchini, E., Nakamura, F., Takito, M., Kiss, M., & Sterkowicz, S. (1998). Specific fitness test developed in Brazilian judoists. *Biology of Sport*, 15(3), 165-170.
- Franchini, E., Nakamura, F., Takito, M., & Kiss MAPDM, S. S. (1998a). Special Judo Fitness Test in Judo Players. *Biology of Sport*, 3, 135-140.
- Fritzsche, J., & Raschka, C. (2007). [Sports anthropological investigations on somatotypology of elite karateka]. *Anthropologischer Anzeiger; Bericht uber die biologisch-anthropologische Literatur*, 65(3), 317-329.
- Fry, A., & Newton, R. (2002). A brief history of strength training and basic principles and concepts. *Strength training for sport*. Blackwell Science, Oxford, 1-19.
- Funakoshi, G. (1973). *Karate-Do Kyohan*: Hardcover.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 75(2), 712-719.
- Gariod, L., Binzoni, T., Ferretti, G., Le Bas, J., Reutenauer, H., & Cerretelli, P. (1994). Standardisation of ³¹phosphorus-nuclear magnetic resonance spectroscopy

- determinations of high-energy phosphates in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 68(2), 107-110.
- Gharbi, M., Akrouf, M., & Zouari, B. (2003). Contribution des prises alimentaires pendant et en dehors du ramadan. *Eastern Mediteranean Health Journal*, 9(1/2).
- Giampietro, M., Pujia, A., & Bertini, I. (2003). Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. *Acta diabetologica*, 40(1), s145-s148.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2006). Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Medicine and science in sport and exercise*, 38(2), 357.
- Grappe, F. (2009). *Cyclisme et optimisation de la performance : science et méthodologie de l'entraînement* : De Boeck Supérieur.
- Haddad, M., Chaouachi, A., Wong, D., Castagna, C., & Chamari, K. (2011). Heart rate responses and training load during nonspecific and specific aerobic training in adolescent taekwondo athletes. *Journal of human kinetics*, 29, 59-66.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Kaarakainen, E. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European journal of applied physiology*, 89(1), 42-52.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.
- Heazlewood, I., & Keshishian, H. (2010). *The Factor Structure of General Motor Fitness and Karate Specific Biomechanical Tests: Application of Confirmatory Factor Analysis*. Paper presented at the sixth World Congress of Biomechanics (WCB 2010). August 1-6, 2010 Singapore.
- Hickson, R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 45(2-3), 255-263.
- Iide, K., Imamura, H., Yoshimura, Y., Yamashita, A., Miyahara, K., Miyamoto, N., & Moriwaki, C. (2008). Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 839-844.
- Imamura, H., Yoshimura, Y., Nishimura, S., Nakazawa, A. T., Nishimura, C., & Shirota, T. (1999). Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate responses during and following karate training. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(2), 342-347.
- Imamura, H., Yoshimura, Y., Nishimura, S., Nishimura, C., & Sakamoto, K. (2003). Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate responses during 1,000 punches and 1,000 kicks in female collegiate karate practitioners. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 22(2), 111-114.

- Imamura, H., Yoshimura, Y., Uchida, K., Nishimura, S., & Nakazawa, A. T. (1998). Maximal oxygen uptake, body composition and strength of highly competitive and novice karate practitioners. *Applied Human Science*, 17(5), 215-218.
- Imamura, H., Yoshimura, Y., Uchida, K., Tanaka, A., Nishimura, S., & Nakazawa, A. T. (1997). Heart rate, blood lactate responses and ratings of perceived exertion to 1,000 punches and 1,000 kicks in collegiate karate practitioners. *Applied Human Science*, 16(1), 9-13.
- Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2007). The physiology of mountain biking. *Sports Medicine*, 37(1), 59-71.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of sports sciences*, 23(6), 583-592.
- Jacobs, I., Esbjörnsson, M., Sylven, C., Holm, I., & Jansson, E. (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Medicine and science in sports and exercise*, 19(4), 368-374.
- Katić, R., Blažević, S., Krstulović, S., & Mulić, R. (2005). Morphological structures of elite karateka and their impact on technical and fighting efficiency. *Collegium antropologicum*, 29(1), 79-84.
- Katić, R., Blažević, S., & Zagorac, N. (2010). The impact of basic motor abilities on the specific motoricity performance in elite karateka. *Collegium antropologicum*, 34(4), 1341-1345.
- Katić, R., Jukić, J., Glavan, I., Ivanišević, S., & Gudelj, I. (2009). The impact of specific motoricity on karate performance in young karateka. *Collegium antropologicum*, 33(1), 123-130.
- Keys, A., & Brožek, J. (1953). Body fat in adult man. *Physiological reviews*, 33(3), 245-325.
- Koropanovski, N., Berjan, B., Bozic, P., Pazin, N., Sanader, A., Jovanovic, S., & Jaric, S. (2011). Anthropometric and physical performance profiles of elite karate kumite and kata competitors. *Journal of human kinetics*, 30, 107-114.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976-989.
- Langan-Evans, C., Close, G. L., & Morton, J. P. (2011). Making weight in combat sports. *Strength & Conditioning Journal*, 33(6), 25-39.
- Le Chevalier, J. M., & Pradet, M. (2003). *La force* : Revue EPS.

- Lehmann, G., & Jedliczka, G. (1998). Untersuchungen zur Bestimmung und Entwicklung eines sportartspezifischen konditionellen Anforderungsprofils im Hochleistungstraining der Sportart Karate-Kumite./Investigations on the determination and development of a sport-event-specific profile of the physical requirements in high-performance training for the sport of karate-kumite. *Leistungssport*, 28(3), 56-61.
- Loturco, I., Artioli, G. G., Kobal, R., Gil, S., & Franchini, E. (2014). Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: a multiple regression analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(7), 1826-1832.
- Maly, T., Zahalka, F., & Mala, L. (2011). Differences between isokinetic strength characteristics of more and less successful professional soccer teams. *Journal of Physical Education and Sport*, 11(3), 306.
- McHugh, M. P., & Nesse, M. (2008). Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(3), 566.
- Medbø, J., & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Medicine and science in sports and exercise*, 22(4), 501-507.
- Medbø, J. I., Mohn, A.-C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of Applied Physiology*, 64(1), 50-60.
- Michielon, G., Scurati, R., Roione, G., Longo, S., & Invernizzi, P. (2006). *Tests of physical evaluation and performance level: Comparison between national and regional boxes*. Paper presented at the Book of Abstracts of 11th Congress of ECSS, Lausanne.
- Milanez, V. F., Dantas, J. L., Christofaro, D. G. D., & Fernandes, R. A. (2012). Heart rate response during a karate training session. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18(1), 42-45.
- Milanez, V. F., & Pedro, R. E. (2012a). Application of different load quantification methods during a karate training session. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18(4), 278-282.
- Millet, G. (2006). *L'endurance* : Revue eps.
- Mori, S., Ohtani, Y., & Imanaka, K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human movement science*, 21(2), 213-230.
- Moscatelli, F., Messina, G., Valenzano, A., Monda, V., Viggiano, A., Messina, A., Cibelli, G. (2016). Functional Assessment of Corticospinal System Excitability in Karate Athletes. *Plos One*, 11(5). doi: 10.1371/journal.pone.0155998
- Nikolaidis, P. (2013). Prévalence du surpoids, et rapport entre l'indice de masse corporelle, le pourcentage de graisse corporelle et la condition physique chez les footballeurs masculins âgés de 14 à 16ans. *Science & Sports*, 28(3), 125-132.
- Nunan, D. (2006). Development of a sports specific aerobic capacity test for karate—a pilot study. *J Sports Sci Med*, 5, 47-53.

- Padulo, J., Chaabène, H., Tabben, M., Haddad, M., Gevat, C., Vando, S., Chamari, K. (2014). The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male Karate athletes. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 4(2), 121.
- Paillard, T. (2010). *Optimisation de la performance sportive en judo* : De boeck.
- Papadopoulos, C., Noussios, G., Karabouka, M., Theodosiou, K., Gantiraga, E., Evaggelinou, C., Gissis, I. (2012). The Effects of Posture Difficulty and Gender on Biomechanical Characteristics of Balance in School-Aged Children. *International Journal of Applied*, 2(5).
- Pate, R., & Shephard, R. (1989). Characteristics of physical fitness in youth. *Perspectives in exercise science and sports medicine*, 2, 1-46.
- Petersen, S., Gaul, C., Stanton, M., & Hanstock, C. (1999). Skeletal muscle metabolism during short-term, high-intensity exercise in prepubertal and pubertal girls. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), 2151-2156.
- Pieter, W., Bercades, L. T., & Center, O. (2009). Somatotypes of national elite combative sport athletes. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 3(1), 21-30.
- Pivovarniček, P., Pupiš, M., Švantner, R., & Kitka, B. (2014). A Level of Sprint Ability of Elite Young Football Players at Different Positions. *International Journal of Sports Science*, 4(6A), 65-70.
- Pozo, J., Bastien, G., & Dierick, F. (2011). Execution time, kinetics, and kinematics of the mae-geri kick: Comparison of national and international standard karate athletes. *Journal of sports sciences*, 29(14), 1553-1561.
- Probst, M. M., Fletcher, R., & Seelig, D. S. (2007). A comparison of lower-body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 451-455.
- Prouteau, S., Pelle, A., Collomp, K., Benhamou, L., & Courteix, D. (2006). Bone density in elite judoists and effects of weight cycling on bone metabolic balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(4), 694-700.
- Ravier, G., Dugué, B., Grappe, F., & Rouillon, J. (2009). Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(5), 687-694.
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F., & Rouillon, J.-D. (2006). Maximal accumulated oxygen deficit and blood responses of ammonia, lactate and pH after anaerobic test: a comparison between international and national elite karate athletes. *International journal of sports medicine*, 27(10), 810-817.
- Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J. (2003). Comparison between the maximal variables of velocity, force and power from two analysis methods in the functional assessment of karate. *Science and sports*, 18(3), 134-140.

- Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J. (2004). Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(4), 349.
- Robineau, J., Babault, N., Piscione, J., Lacombe, M., & Bigard, A. X. (2016). Specific Training Effects of Concurrent Aerobic and Strength Exercises Depend on Recovery Duration. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 672-683.
- Roschel, H., Batista, M. A. B., Fonseca, R. M., Bertuzzi, R. C. d. M., Silva, R. B. d., Loturco, I., Franchini, E. (2009). Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian Karate National Team. *Journal of sports science and medicine*, 8(Special Issue 3), 20-24.
- Ruchlewicz, T., Samitowski, L., & Sterkowicz, S. (1984). Analiza techniki ataku w karate w świetle badań laboratoryjnych I obserwacji zawodow. *Zeszyty Naukowe AWF Kraków*, 36, 182-194.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Gutierrez, A., Meusel, D., Sjöström, M., & Castillo, M. J. (2006). Health-related fitness assessment in childhood and adolescence: a European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *Journal of Public Health*, 14(5), 269-277.
- Saury, J., & Sève, C. (2004). L'entraînement. *Paris: Revue EP. S.*
- Sbriccoli, P., Camomilla, V., Di Mario, A., Quinzi, F., Figura, F., & Felici, F. (2010). Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top-level karateka. *European journal of applied physiology*, 108(6), 1269-1280.
- Schmidt, R. J., & Perry, J. G. (1976). Cardiac Cost and Heart Rate Response of Karate Kumite *Jpn J Phys Educ*, 21(2), p117-122.
- Sertić, H., Vidranski, T., & Segedi, I. (2011). Construction and validation of measurement tools for the evaluation of specific agility in karate. *Ido Movement for Culture: journal of martial arts anthropology: theory of culture, psychophysical culture, cultural tourism, anthropology of martial arts, combat sports*, 11(1-4), 139-143.
- Sevinç, D., Çolak, M., & Yilmaz, V. (2015). A study on some motoric and anthropometric attributes of competitive and non-competitive taekwondo athletes between the age group 9-12 years. *International Journal of Science Culture and Sport (IntJSCS)*, 3(4), 112-122.
- Shirley, M. E. (1992). SPORTS PERFORMANCE SERIES: The Taekwondo Side Kick: A Kinesiological Analysis with Strength and Conditioning Principles. *Strength & Conditioning Journal*, 14(5), 7-8.
- Sinning, W. E. (1985). Body composition and athletic performance. *Limits of human performance. The academy papers*, 18, 45-56.
- Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(1), 12-17.

- Stand, A. P. (1990). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(5), 265-274.
- Sterkowicz, S. (1996). In Search of a New Special Judo Fitness Test, In Polish. *W poszukiwaniu nowego testu specjalnej sprawności ruchowej w judo. Trening*, 3, 46-60.
- Sterkowicz, S., & Franchini, E. (2009). Testing motor fitness in karate. *Archives of Budo*, 5, 29-34.
- Sterkowicz, S., Lech, G., Jaworski, J., & Ambrozy, T. (2012). Coordination motor abilities of judo contestants at different age. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 1(2), 5-10.
- Strudwick, A., & Doran, T. R. D. (2002). Anthropometric and fitness profiles of elite players in two football codes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(2), 239.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(10), 1327-1330.
- Tabben, M., Coquart, J., Chaabene, H., Franchini, E., Chamari, K., & Tourny, C. (2014). Validity and Reliability of a New Karate-Specific Aerobic Field Test for Karatekas. *IJSPP*, 9(6).
- Tabben, M., Coquart, J., Chaabène, H., Franchini, E., Ghoul, N., & Tourny, C. (2015). Time-motion, tactical and technical analysis in top-level karatekas according to gender, match outcome and weight categories. *Journal of sports sciences*, 33(8), 841-849.
- Tabben, M., Sioud, R., Haddad, M., Franchini, E., Chaouachi, A., Chamari, K., & Tourny-Chollet, C. (2013). Physiological and perceived exertion responses during international karate kumite competition. *Asian journal of sports medicine*, 4(4), 263.
- Thiebault, C. M., & Sprumont, P. (1997). *L'enfant et le sport : introduction à un traité de médecine du sport chez l'enfant : De Boeck Supérieur*.
- Toskovic, N., Blessing, D., & Williford, H. (2004). Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 164.
- Van Praagh, E. (2007). *Physiologie du sport : Enfant et Adolescent : De Boeck Supérieur*.
- Violan, M. A., Small, E. W., Zetariuk, M., & Micheli, L. J. (1997). The effect of karate training on flexibility, muscle strength, and balance in 8-to 13-year-old boys. *Pediatric Exercise Science*, 9, 55-64.
- Weineck, J. (1992). *Biologie du Sport*. Paris : Vigot.

- Weineck, J. (1997). *Manuel d'entraînement : physiologie de la performance sportive et de son développement dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent* : Vigot.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(8), 2293-2307.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3), 285-288.
- Yoshimura, Y., & Imamura, H. (2010). Effects of basic karate exercises on maximal oxygen uptake in sedentary collegiate women. *Journal of Health Science*, 56(6), 721-726.
- Zehr, E., & Sale, D. (1993). Oxygen uptake, heartrate and blood lactate responses to the Chito-Ryu Seisan kata in skilled karate practitioners. *International journal of sports medicine*, 14(05), 269-274.
- Zehr, E. P., Sale, D. G., & Dowling, J. J. (1997). Ballistic movement performance in karate athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(10), 1366-1373.
- Zhang, Y., Johnson 2nd, M., Chow, N., & Wasserman, K. (1991). Effect of exercise testing protocol on parameters of aerobic function. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(5), 625-630.
- Zouhal, H., Jacob, C., Rannou, F., & Gratas-Delamarche, A. (2001). Effect of training status on the sympathoadrenal activity during a supramaximal exercise in human. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 330.

Abstract

The aim of our study is to see if physical performance determined by means of Eurofit tests are sensitive to changes in training loads during different periods of training namely: the transitional period, the preparatory period, pre-competitive period and the competitive period.

71 subjects aged 12-24 years [(12-13 years); (14-15 years); (16-17years); (18-24 years)] practicing karate regularly, at a rate of 3-5 sessions per week, participated in this study. All were subjected to a battery of 15 tests and Eurofit each subject underwent an evaluation of its performance during the periods mentioned above. To evaluate the possible differences, we made a comparison between all competitive male age categories and gender (male, female) for "youngest" category. The tests were carried out in four sessions: Session 1, is the realization of tests on karatekas at the beginning of the transitional period; Session 2, at the beginning of the preparatory period; Session 3, in the middle of pre-competitive period; Session 4, in the middle of the competitive period.

Our study revealed that at the end of the transitional period, the results showed a significant increase in body weight, a significant decrease in explosives qualities and stabilization of the performance of other physical qualities. The preparatory period has resulted in a significant increase in performance, except for the strength and explosiveness of the upper limbs, speed and agility. A significant increase in performance for the explosiveness of upper and lower limbs, strength and endurance was observed during the competitive period. However, no significant change was observed in the performance of other physical qualities. Between categories, significant differences were observed regarding body mass and performance related to the qualities of strength, endurance, explosiveness of the lower limbs, flexibility and agility. No significant difference was found in performance on postural balance and specific tests. A general decline in performance was noted at the end of the test season compared to the previous season.

It is therefore important to review the training content, in terms of intensity and volume, especially during the transitional period which seems to have a negative impact on physical performance, probably because of its long duration, and also during the period preparatory trying to eliminate the adverse effects of physical quality relative to another.

Keywords : karate kumite ; physical performances ; Eurofit tests ; Training periods

Résumé

Le but de notre étude est de voir si les performances physiques déterminées par le moyen des tests Eurofit sont sensibles aux variations des charges d'entraînement au cours des différentes périodes d'entraînement à savoir : la période transitoire, la période préparatoire, la période précompétitive et la période compétitive.

71 sujets, âgés de 12-24 ans [minimes (12-13 ans) ; cadets (14-15 ans) ; juniors (16-17ans) ; séniors (18-24 ans)] pratiquant le karaté de façon régulière, à raison de 3-5 séances par semaine, ont pris part à cette étude. Tous ont été soumis à une batterie de 15 tests Eurofit et chaque sujet a subi une évaluation de ses performances au cours des périodes citées ci-dessus. Pour évaluer les différences possibles, nous avons fait la comparaison entre toutes les catégories d'âge masculines compétitives et par sexe (garçons, filles) pour la catégorie « cadette ». Les tests ont été réalisés en quatre sessions : Session 1, correspond à la réalisation des tests sur les karatékas au début de la période transitoire ; Session 2, au début de la période préparatoire ; Session 3, au milieu de la période précompétitive ; Session 4, au milieu de la période compétitive.

Notre étude a révélé qu'à l'issue de la période transitoire, les résultats ont montré une augmentation significative de la masse corporelle, une diminution significative des qualités explosives et une stabilisation des performances concernant les autres qualités physiques. La période préparatoire a donné lieu à une augmentation significative des performances, sauf concernant la force et l'explosivité des membres supérieurs, la vitesse et l'agilité. Une augmentation significative des performances concernant l'explosivité des membres inférieurs et supérieurs, la force et l'endurance a été observée lors de la période compétitive. Cependant, aucun changement significatif n'a été remarqué dans les performances des autres qualités physiques. Entre catégories, des différences significatives ont été observées concernant la masse corporelle et les performances relatives aux qualités de force, d'endurance, d'explosivité des membres inférieurs, de souplesse et d'agilité. Aucune différence significative n'a été relevée dans les performances concernant l'équilibre postural et les tests spécifiques. Une baisse de performance générale a été remarquée à l'issue de la saison de tests par rapport à la saison précédente.

Il est donc important de revoir le contenu d'entraînement, en termes d'intensité et de volume, surtout durant la période transitoire qui semble avoir un impact négatif sur les performances physiques, probablement en raison de sa durée prolongée, et aussi durant la période préparatoire en essayant d'éliminer les effets néfastes d'une qualité physique par rapport à une autre.

Mots clés : karaté kumite ; performances physiques ; tests Eurofit ; périodes d'entraînement