

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Ministère de l'éducation

Université Cheikh Anta Diop



INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR DE L'EDUCATION POPULAIRE ET DU SPORT

(INSEPS)

Mémoire de maitrise es-sciences et
Techniques de l'activité physique et du
Sport

**Thème : EVALUATION DE LA CONSOMMATION MAXIMALE
D'OXYGENE, DE LA FREQUENCE CARDIAQUE DE REPOS, ET
DE L'INDICE DE MASSE CORPORELLE DE QUELQUES
HANDBALLEUSES EVOLUANT DANS LE CHAMPIONNAT
NATIONAL DE 1^{ère} DIVISION SENEGALAISE 2010/2011**

PRESENTE PAR :

Mr Cheikhou Tidiane SANÉ

SOUS LA DIRECTION DE :

Mr Mountaga DIOP

Professeur à l'INSEPS

Année universitaire : 2010 -2011

DEDICACES

Je dédie ce travail à

- ✓ A mon père adoptif Abasse BADIANE pour l'amour qu'il n'a cessé de nous apporter. Votre dévouement pour notre réussite et vos qualités humaines nous ont illuminés tout au long de nos études. Que Dieu vous laisse ici sur terre et parmi nous et te donnant amour, santé et longue vie.
- ✓ A ma mère adoptive Yacine SANE, vous êtes une mère exemplaire.
- ✓ A ma maman biologique Awa SANE, toi qui m'as mis au monde je ne pourrais remercier ta responsabilité en tant que mère. Vous avez toujours bien œuvré pour faire de moi un fils de vertu et de rigueur.
- ✓ A mon professeur et directeur de mémoire Mr Mountaga Diop. Vous m'avez encadré avec rigueur et pragmatisme tout au long de ce travail, c'est l'occasion de louer votre simplicité, votre disponibilité, votre attention et sens des relations humaines qui m'ont marqué. Sincères remerciement à vous.
- ✓ A Mr le directeur de l'INSEPS, monsieur Assane Fall.
- ✓ A tous les professeurs de l'INSEPS, toutes les secrétaires et tous les vigiles.
- ✓ A mes pères Ousmane khasse, Aliou Badara Diédhiou, Cissé, Thiaw Sagna.
- ✓ A mes tontons, mes tantes et à tous mes frères et sœurs.
- ✓ A tous mes amis.
- ✓ A tous mes frères de la promotion de la 4^{ème} année 2010 – 2011.
- ✓ Je ne saurais terminer sans autant rendre hommage à mon père biologique que je n'ai jamais connu.

GRACE

Tout d'abord rendons grâce au bon Dieu, le Miséricordieux, le tout puissant, le Dieu des terres et des cieux.

Celui qui a fait de nous des êtres humains dotés d'intelligence, qui aiment, œuvrent pour le sport et l'éducation et qui mourrons dans cette noble tâche, celui dont son travail n'a point de critiques ni d'erreurs.

Celui qui sans son aide, tout travail est voué à l'échec et l'on ne saurait ni le commencer, ni le terminer.

Saluons son prophète *Mohamed* (PSL) et pour tous ceux qui ont œuvré pour l'Islam.

Pour finir « ALHAMDOULILAH » pour avoir terminé une tâche si lourde par la grâce de Dieu.

SOMMAIRE

Résumé.....	6
Introduction	7
Chapitre I : REVUE DE LITTERATURE	9
I. La fréquence cardiaque.....	9
1. Définition générale de la fréquence cardiaque.	9
1.1 Fréquence cardiaque de repos.....	9
1.2 Fréquence cardiaque maximale.....	9
2. Fréquence cardiaque de repos des sportifs de haut niveau.....	10
3. Etat de la recherche sur la fréquence de repos des handballeuses.....	11
II. Consommation maximale d'oxygène.....	12
1. Définition de la consommation maximale d'oxygène.....	12
2. Evaluation de la consommation maximale d'oxygène.....	13
2.1 Méthodes directes.....	13
2.2 Méthodes indirectes.....	15
2.2.1 Au laboratoire.....	15
2.2.2 Méthodes indirectes de terrain.....	17
3. Consommation maximale d'oxygène des sportifs de haut niveau.....	19

4. Etat de la recherche sur la consommation Maximale d'oxygène des handballeuses.....	20
5. Etat de la recherche sur le poids, la taille, et l'IMC des sportifs de haut niveau.....	20
Chapitre II : METHODOLOGIE	23
I. Matériels.....	23
1. Population d'étude.....	23
1.1 Critères d'inclusion.....	23
1.2 Critères d'exclusion.....	23
2. Matériel utilisé.....	23
II. Méthode.....	24
1. Mesure de la taille.....	24
2. Mesure du poids	24
3. Description des tests.....	24
3.1 Description de la mesure de la fréquence cardiaque au repos.....	24
3.2 Description du test de Luc-Léger.....	25
4. Déroulement des tests.....	25
4.1 Déroulement de la mesure de la fréquence cardiaque au repos.....	25
4.2 Déroulement du test de Luc-Léger.....	25
5. Statistique.....	26

Chapitre III: RESULTATS	28
Chapitre IV: DISCUSSION DES RESULTATS	38
Conclusion.....	40
Bibliographie.....	41
Annexe.....	43

RESUME

Objectif : Mesurer la taille, le poids, la fréquence cardiaque de repos et estimer la consommation maximale d'oxygène de 60 handballeuses évoluant dans cinq clubs de première division sénégalaise.

Méthode :

60 handballeuses provenant de cinq équipes de première division ont subi des mesures de poids, de taille, de fréquence cardiaque et un test de consommation maximale d'oxygène.

Résultats :

Les résultats enregistrés montrent que nos handballeuses sont jeunes, ont une taille qui leur permet de s'épanouir dans leur discipline et une endurance de niveau départemental.

Cependant, elles ont une fréquence cardiaque de repos comparable à celle d'une femme sédentaire et les indices de masse corporelle du Diaraaf et de l'Us Gorée montrent qu'elles sont légèrement en surpoids.

INTRODUCTION

Existant depuis longtemps, le hand-ball a toujours été un sport réservé aux hommes, ce sport a pris de l'ampleur pour ne plus être l'objet d'une discrimination sexuée.

Aujourd'hui, le handball a subi d'énormes mutations sur le plan technico-tactique et sur le plan physique.

Sur le plan technico-tactique, le handball impose la maîtrise de la balle et les systèmes de jeu sont plus sollicités. En effet, l'existence des grandes écoles de sport a fait que les spécialistes n'ont pas arrêté d'expérimenter sur l'évolution du hand-ball et en particulier sur les systèmes de jeu.

Sur le plan physique, le hand-ball est devenu plus athlétique. Se référant au prototype du handballeur de haut niveau, le handballeur est plus rapide, plus résistant, plus puissant et plus endurant.

Au Sénégal, la conception empirique du handball a connu une nouvelle tournure fascinante. Et malgré cela, le handball éprouve d'énormes difficultés.

En 1974, l'équipe féminine sénégalaise s'est placée deuxième (2^{ème}) et, est nommée Vice Championne d'Afrique des nations.

Depuis cette date, le Sénégal n'a jamais dépassé ce classement, Ce qui signifierait sans doute que depuis 1974 la performance de l'équipe féminine ne cessait de baisser.

L'évolution des résultats des matchs marquée par une certaine irrégularité montre que lors de la deuxième sortie des handballeuses en coupe d'Afrique des nations Marien Ngouabi en 1976, le Sénégal n'a décroché qu'une seule victoire contre le Nigéria et se classa cinquième (5^{ème}) sur sept (07) équipes participantes.

En 1982, à Bouaké, lors des phases finales du 4^{ème} championnat d'Afrique des clubs champions, les filles de Mbossé ont effectué un parcours sans victoire.

En 1982 lors des championnats d'Afrique des nations organisés à Dakar (Sénégal) l'équipe féminine termine troisième (3^{ème}) sur quatre participants alors que les garçons remportèrent le championnat sur cinq (5) participants.

Les études menées de 1973 à 1993 nous amènent à constater que, l'équipe féminine du Sénégal, depuis vingt ans, n'a jamais dépassé la troisième place concernant le championnat d'Afrique des nations séniors féminines. Et jamais une équipe Sénégalaise n'a également occupé une bonne place au championnat d'Afrique des clubs champions féminins.

C'est seulement lors du tournoi de la zone 2 organisé cette année au Sénégal, qui a enregistré la participation des équipes du Mali, de la Guinée, du Cap Vert et de la Mauritanie que notre équipe nationale féminine a terminé 1^{ère} avec un parcours sans défaite.

Cette baisse de la performance de notre équipe féminine a poussé beaucoup de spécialistes à s'interroger sur les causes.

Certains l'expliquent par des problèmes technico-tactiques. D'autres, comme moi, l'attribueraient à des insuffisances physiques, car j'ai constaté que lors des rencontres contre les équipes ci dessus, les joueuses sénégalaises présentaient des signes de fatigue la plupart du temps après 15, 20 minutes de jeu. En outre, les joueuses sénégalaises fournissaient une vitesse et un rythme de jeu souvent pas très élevé face à ces équipes qui ne sont pas les meilleures du continent. Or une faible vitesse et un rythme de jeu lent découleraient d'une faible consommation maximale d'oxygène.

C'est pour toutes ces raisons que nous nous proposons d'évaluer et de comparer la consommation maximale d'oxygène, la fréquence cardiaque de repos et l'indice de masse corporelle de quelques équipes féminines Sénégalaises qui fournissent des joueuses à notre équipe nationale. Nous tenterons aussi de comparer nos équipes aux meilleures des continents Africain et Européen.

REVUE DE LITTÉRATURE

I. La fréquence cardiaque

1. Définition générale de la fréquence cardiaque

La fréquence cardiaque (FC) est le reflet du travail du cœur pour répondre aux variations incessantes des besoins de l'organisme et notamment à leur augmentation imposée par l'exercice. Elle s'exprime généralement en nombre de battements par minute (bpm) [1].

1.1 Fréquence cardiaque de repos

Elle correspond à la FC relevée après un repos complet en position allongée (environ 10 mn d'inactivité). La FC de repos diminuera après un entraînement régulier, et ce grâce à une capacité de travail accrue du cœur. Il est bon de savoir que ralentir son rythme cardiaque de repos contribue à accroître ses chances de vivre plus longtemps [2]. La fréquence cardiaque de repos désigne en partie la condition générale du cœur. Pour l'évaluer il suffit de Prendre son pouls le matin au réveil dans son lit avant d'esquisser le moindre geste, pendant une minute au niveau du cou (artère coronaire) ou au niveau du poignet (artère radiale). Les résultats oscillent en générale entre soixante (60) et quatre vingt (80) battement par minute. Chez les athlètes spécialisés dans les épreuves d'endurance tel le marathon, le ski de fond ou la course d'orientation, ce chiffre est assez bas. Cette fréquence cardiaque au repos est plus élevée chez les enfants que les adultes [3].

1.2 Fréquence cardiaque maximale

La fréquence cardiaque maximale (F.C max) permet de matérialiser la limite supérieure de la performance de la pompe cardiaque. Elle est légèrement moins élevée chez les athlètes de haut niveau que chez les sédentaires et diminue régulièrement avec l'âge d'où la célèbre règle d'ASTRAND [4] :

$$F.C \text{ max} = 220 - \text{Age} \pm 10 \text{ bat/min.}$$

Toutefois lorsqu'on extrapole la relation F.C / VO₂ jusqu'à F.C max, on suppose que la fréquence cardiaque maximale est identique pour tous les individus du même âge, ce qui n'est pas toujours le cas. En conséquence, pour certains, l'extrapolation sera trop grande et pour d'autres trop petits, donc surestimant ou sous-estimant le degré de sollicitation de la puissance maximale aérobie. Cette formule n'est pas conseillée pour le haut niveau mais reste valable au plan scolaire ou chez le sportif passionné.

Sa mesure par palpation n'est pas facile puisque la fréquence cardiaque descend très rapidement dès l'arrêt de l'effort. En effet, en plus de l'erreur manuelle s'ajoute sa variation continue lors de la phase de récupération. On préconise sa mesure sur

6 secondes ce qui est un compromis satisfaisant mais l'idéale reste le cardio-fréquencemètre.

Il ne faut pas compter sur la F.C max pour prédire les performances, elle ne fournit aucune indication précise [4].

2. Fréquence cardiaque de repos des sportifs de haut niveau

Les sportifs de haut niveau ont une fréquence cardiaque de repos extrêmement basse. Des valeurs de 28 à 40 b/min ont été rapportées chez des athlètes très endurants [4].

C'est le fruit des processus d'adaptation tels que la réduction de la fréquence intrinsèque du nœud sinusal, associée aux influences du système nerveux autonome. Cependant, son utilisation directe au titre de l'entraînement n'est guère possible. Disposer d'une fréquence cardiaque de repos la plus basse possible constitue un atout nécessaire mais pas suffisant pour extrapoler ce qui va se passer à un niveau supérieur.

Bouroche et Saporta [5] ont rapporté les valeurs suivantes chez des sportives de haut niveau :

- Coureurs de 800 m ; 62 à 72 b/min,
- Coureurs de 1500 m ; 62 à 72 b/min,
- Coureurs de 3000 m ; 53 à 67 b/min,
- Coureurs de 5000 m ; 53 à 72 b/min.

3. Etat de la recherche sur la fréquence cardiaque de repos des handballeuses

- Le tableau ci-dessous montre les fréquences cardiaques de repos de quelques handballeuses françaises de haut niveau [6].

Tableau n°1 : Fréquences cardiaques de repos de quelques handballeuses Françaises de haut niveau.

Sujets (Femmes)	Fréquence cardiaque de repos (b/min)
1	58
2	60
3	45
4	55
5	58
6	55
7	58
8	60
9	60
10	45

Le tableau ci dessous montre les fréquences cardiaques de repos des handballeuses de l'équipe nationale du Sénégal de 2007 [7].

Tableau n°2: Fréquences cardiaques des joueuses de handball de l'équipe nationale du Sénégal de 2007.

sujet	FCr (bat/min)
1	77
2	76
3	80
4	80
5	76
6	80
7	96
8	80
9	60
10	56
11	64
12	54

II. Consommation maximale d'oxygène

1. Définition de la consommation maximale d'oxygène

C'est la quantité maximale d'oxygène ($VO_2\text{max}$) que l'organisme peut prélever, transporter, et consommer par unité de temps.

Ce $VO_2\text{max}$ est obtenu lorsqu'un patient ne peut plus augmenter sa consommation d' O_2 malgré l'augmentation d'une charge.

La puissance alors développée correspond à la puissance maximale aérobie au-delà de laquelle les ressources énergétiques font appel à un système anaérobie, qui va limiter rapidement l'effort. Chez un sujet en insuffisance cardiaque, on ne pourra pas obtenir la puissance aérobie maximale, mais l'on mesurera le pic de VO_2 [8].

Elle pourrait être définie par ailleurs comme étant la quantité totale d'oxygène consommée par unité de temps par un individu au cours d'un exercice progressif jusqu'à épuisement. Le $VO_2\text{max}$ est habituellement exprimé en volume par minute (l /min) dans des disciplines sportives. Il est aussi exprimé en volume par kilogramme de masse corporelle et par unité de temps dans les activités telles que la course à pieds dans lesquelles les athlètes supportent leurs poids (ml /kg/ min). Au début de l'exercice, l'organisme tire l'énergie à partir des réserves d'ATP-CP (Adénosine triphosphate, créatine Phosphate) et de la glycolyse anaérobie pour satisfaire les besoins de l'effort. Le VO_2 augmente avec l'intensité croissante de l'exercice Jusqu'à atteindre un état d'équilibre ou son niveau maximal qui dépend du niveau d'entraînement de l'athlète et du retour au calme (phase stationnaire).

Cette valeur reste constante jusqu'à la fin de l'exercice. C'est la Consommation maximale d'oxygène (VO₂ max) ou puissance maximale Aérobie (PMA) [9].

2. Evaluation de la consommation maximale d'oxygène

2.1 Méthode Direct

✓ En laboratoire spécialisé

Cette épreuve est réalisée sur cycloergomètre ou tapis roulant. La mesure permanente des échanges gazeux se réalise par la pose d'un masque à circuit ouvert qui analyse à chaque cycle respiratoire l'oxygène et le gaz carbonique. (Fig. n°3).

Pour compléter l'épreuve, des mesures artériolaires (bout du doigt, lobe de l'oreille), des lactates dont l'apparition sanguine sont concomitantes de la VO₂ maximale. Cette méthode de recueillir la consommation maximale d'oxygène est certes la plus efficace mais plus coûteuse, c'est la raison pour la quelle elle n'est pas utilisée dans notre pays.



Fig n°3 : Exercice sur tapis roulant effectué dans un laboratoire.

2.2 Méthodes indirectes

2.2.1 Au laboratoire

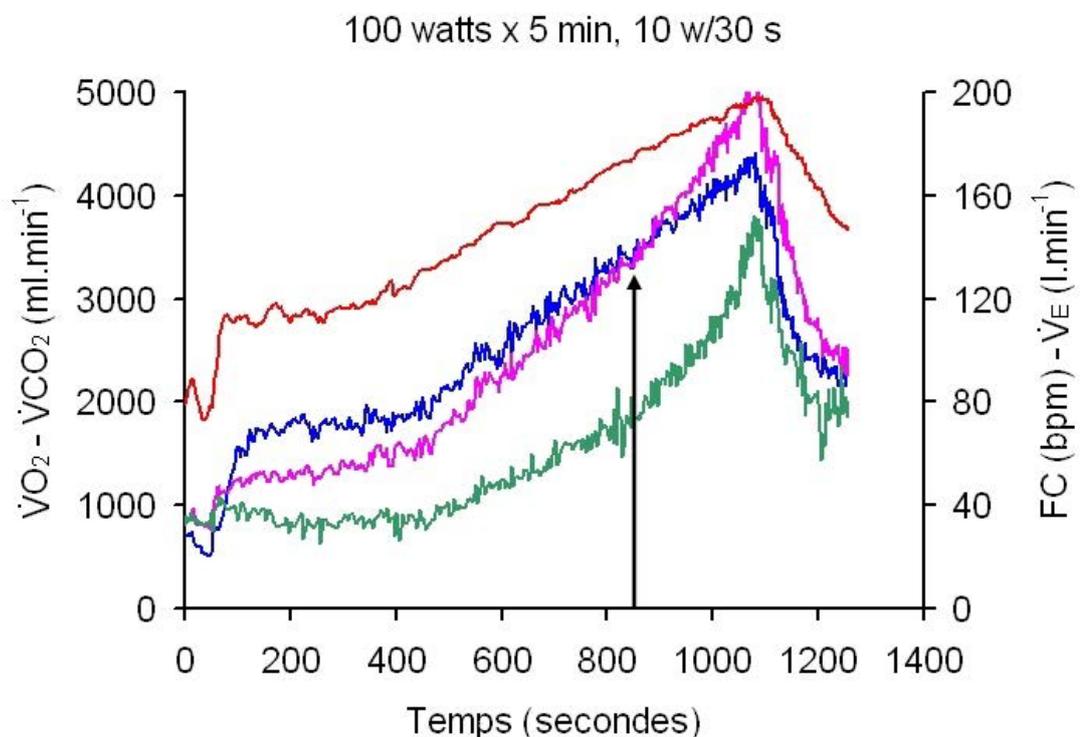
Cette méthode est fondée sur la relation linéaire entre la fréquence cardiaque, la puissance aérobie, et la consommation d'O₂ au cours d'un effort.

La table (Abaque d'Astrand) nous permet d'avoir des résultats fiables, puisqu'il existe une relation linéaire entre fréquence cardiaque et VO₂, car la fréquence cardiaque maximale du sujet est la même au même âge ($220 - \text{l'âge}$).

❖ Méthodes d'évaluation sur bicyclette Ergocyclomètre

Sur Ergocyclomètre, l'exercice aérobie sera constitué d'un effort progressif, soit par paliers de charge croissante, soit selon une progression de la charge "en rampe". Le graphique suivant montre les cinétiques des principales variables observées lors d'un effort sur Ergocyclomètre.

Fig. n°4 : Exercice sur Ergocyclomètre.



Le graphique représente les résultats d'un protocole d'exercice dynamique aérobie caractérisé par un échauffement de 100 watts pendant 5 minutes, suivi de paliers

croissants d'effort dont l'incrément avait été fixé à 10 watts par période de 30 secondes. Le tracé en rouge correspond à la cinétique de la fréquence cardiaque (FC), le tracé en bleu correspond à la cinétique du VO_2 , le tracé en violet correspond à la cinétique du VCO_2 (production instantanée de dioxyde carbone rapportée à l'unité de temps) et le tracé en vert correspond à la cinétique de la ventilation expirée par minute. La flèche repère le début du croisement des courbes de VO_2 et de VCO_2 , moment de l'effort qui correspond habituellement au seuil ventilatoire, lequel se révèle par un point de déflexion (plus ou moins marqué selon les sujets) sur le tracé de ventilation/minute (en vert). Chez ce sujet, l'exercice maximal réalisé atteint 330 watts, correspondant à un VO_2 max égal à 4,400 l/min (soit 55 ml/min/kg pour ce sujet de 80 kg), avec un seuil ventilatoire à 3,400 l/min (75 % du VO_2 max). Les performances aérobies observées correspondent à celles d'un sujet dit "sportif" de niveau moyen à bon [10].

❖ Le test d'ASTRAND-Ryhming (1954)

Cette méthode d'estimation indirecte de VO_2 max en laboratoire est la plus connue de toutes.

Ce test est fondé sur les hypothèses suivantes :

- Il existe une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène pour les exercices sous-maximaux. Statistiquement, à un pourcentage donné de la consommation maximale d'oxygène correspondant, à l'état stable, une fréquence cardiaque :

$$\% VO_2 \text{ max} = 0.77 \times (fc - 48,6).$$

- Pour une même puissance d'exercice, le rendement mécanique est supposé peu différent d'un sujet à l'autre (25 – 30%) et, par conséquent, il est possible d'exprimer la puissance d'exercice en équivalent oxygène. Connaissant la puissance d'exercice, la consommation d'oxygène peut être supposée. Par exemple, si le sujet effectue un exercice de 150 W, la valeur la plus probable de sa consommation d'oxygène à l'état stable de cet exercice est de 2,1 l/min.

Les valeurs maximales de fréquence cardiaque et de consommation d'oxygène sont atteintes pour un niveau voisin de puissance appelée puissance maximale aérobie ; de ce fait le VO_2 max peut être extrapolé à partir de la fréquence cardiaque maximale (FC max). FC max est selon les auteurs, pratiquement la même au sein d'une population homogène, de même âge. Cette fréquence maximale est de l'ordre de 220 – âge (ans), soit 200 bat/min chez un sujet âgé de 20 ans.

❖ **Le test d'Astrand-Ryhming (1954) avec équation de droite**

Ce test d'Astrand est une méthode d'estimation indirecte de VO_2 max en laboratoire qui se base aussi sur les relations linéaires qui unissent la fréquence cardiaque, la puissance de l'exercice et la Consommation maximale d'oxygène. En mesurant la Fréquence cardiaque pour deux puissances d'exercice différentes, il est possible de tracer une Droite, dont l'intersection avec le FC max. théorique (220-âge) donne la valeur de la puissance maximale aérobie (PMA).

En partant de cette valeur, il devient possible d'estimer le VO_2 max à partir de l'équation suivante :

$$VO_2max = (13,5 \times PMA + 100) / poids$$

Le VO_2 max est estimé en ml/kg/min, la puissance en Watts et le poids en kg.

2.2.2 Méthodes indirectes de terrain

Les résultats des tests de laboratoire sont fiables mais nécessitent un matériel médical adapté et onéreux. De plus, bien que précis ils sont éloignés dans leur contenu des réalités sportives réelles. Aussi l'entraîneur leur préfère t'il les tests de terrain qui évaluent le sportif en « situation ». Mais cela reste une mesure indirecte, car ils estiment le résultat de transformations énergétiques à partir d'intermédiaire observables.

Il est nécessaire que ces tests soient simples dans le matériel utilisé et dans le protocole de déroulement (les conditions climatiques, la durée du test, l'interprétation de celui-ci, etc.).

Ces tests de terrain doivent mesurer exactement ce pour quoi ils ont été créés en relation avec les mesures directes de laboratoire, sans glissement d'objectifs.

Les tests de terrain se situent à deux niveaux. Celui lié au matériel utilisé qui doit être le même pour tous et sur tous les lieux d'évaluation (Chronomètre, magnétophone, plots, repères, sifflets, etc.) et celui lié à l'évalué lui-même, qui testé dans ces circonstances identiques ne doit pas obtenir des résultats différents (même par des observateurs différents).

❖ **Test Navette (Léger 1981)**

C'est le test que nous avons utilisé pour évaluer la consommation d'oxygène de nos sujets. Il sera détaillé dans la méthodologie.

❖ Step test d'Astrand

Le step test d'Astrand est un test de terrain à épreuve sous maximale sur un tabouret (40,33 cm) basée sur la relation :

$$FC/VO_2.$$

Ce test se traduit par des montées/descentes pendant 6 min, 22,5 montées par minute.

Un nomogramme tenant compte du poids (P) et de la fréquence cardiaque (FC) atteinte est utilisé pour le sujet.

La puissance mécanique externe en 1 min pour n montées de marche est traduite par :

$$P = (n \times h \times m \times g) / 60.$$

Une marge d'erreur de 5 à 25% est prise en compte et représentant une prédiction médiocre.

Margaria [11] propose un autre nomogramme avec deux fréquences de Montées adaptées à la hauteur de marche et à la taille du sujet :

$$h = 0,187 \times \text{taille [12]}.$$

❖ Test de Cooper (1968)

C'est le test le plus connu, et il s'agit de parcourir la plus grande distance possible durant 12 minutes sur une piste balisée à chaque 50 mètres (Terrain Plat + Revêtement correct). C'est un teste difficile car la méconnaissance de l'allure, la résistance au stress, le degré de motivation influencent les résultats.

L'estimation du $VO_2\text{max}$ est la suivante :

$$VO_2\text{max} = 22,351 d - 11,288 \text{ (ml/min/kg)}, d = \text{distance (km)}.$$

D'autres critiques également ont été portées à l'égare du test du jeune médecin Américain Kenneth Cooper.

Ces critiques montrent que ça soit la marche ou la course, le coût énergétique est différent.

La capacité maximale anaérobie doit influencer la performance en 12 min. La durée est supérieure à la durée de soutien à la vitesse maximale aérobie et à la $VO_2\text{max}$.

La durée de maintien de la PMA ou de la VMA est égale à 2 ou à 8 min au maximum [13].

❖ Test de Léger-Boucher (1980)

Ce test de Léger-boucher comme son nom l'indique est un test collectif de terrain balisé tous les 50 mètres sur une piste de 400 mètres.

Le sujet suit le rythme du Bip sonore après le Coup de sifflet et s'arrête s'il décroche (VMA atteinte).

La vitesse augmente de 1 km/h toutes les 2 minutes (Progressivement, + 3,5 ml/min/kg du coût énergétique).

- $VO_2\text{max} = 14.49 + 2.143 V + 0.0324 V^2$ (VO_2 en ml/min/kg, V en km/h)

- Pour des enfants (1986) : $VO_{2max} = 22.859 \times VMA - 0.8664 \times \text{âge} + 0.0667 \times \text{âge} \times V$

Les critiques menées à l'égard de ce test sont multiples et tout d'abord nous retenons que le dernier Palier est réalisé alors que le VO_2 max est atteint, le sujet effectue la dernière partie en anaérobie ?...

En 1983, Léger et Mercier proposent une nouvelle formule :

$$VO_{2max} = 3.5 V \text{ (} VO_2 \text{ en ml/min/kg, } V \text{ en km/h)}$$

(3,5 : coût énergétique standard ou moyen en ml d'O₂ consommé par min et kg de poids).

3. Consommation maximale d'oxygène des sportifs de haut niveau

La valeur du VO_{2max} est variable selon les activités sportives.

Les plus grandes valeurs sont trouvées chez les sportifs internationaux spécialisés dans les disciplines de longue durée. En effet, les athlètes de demi-fond et de fond ont un VO_{2max} qui se situe entre 65 et 95 ml/min/kg. Ceux du cyclisme ont une valeur de VO_{2max} située entre 52 et 72 ml/min/kg [14].

Des valeurs de VO_2 max de sportifs français de haut niveau ont été recueillies par Bricki et Dekkar [15] :

- footballeurs : 50,74 à 77,55 ml/min/kg,
- basketteurs : 46,48 à 53,28 ml/min/kg,
- handballeurs : 46,16 à 50,16 ml/min/kg,
- volleyeurs : 38,60 à 48,18 ml/min/kg,
- boxeurs : 47,05 à 80 ml/min/kg,
- judokas : 39,27 à 61,15 ml/min/kg,
- nageurs : 39,11 à 56,78 ml/min/kg,
- athlètes : 47,21 à 60,21 ml/min/kg,
- rugbyeurs : 58,19 à 75,28 ml/min/kg,
- semi marathonniens : 41,6 à 62,83 ml/min/kg.

4. Etat de la recherche sur la consommation maximale d'oxygène des handballeuses.

Nous avons cherché dans la littérature, à notre grande surprise, nous n'avons pas trouvé de valeurs de $VO_2\text{max}$ rapportées chez des handballeuses d'autres pays. Cependant Faye [7] a mesuré des valeurs allant de 29,5 à 59,15 ml/kg/min chez les filles de l'équipe nationale de handball du Sénégal 2007. La même année Ndoye [16] a évalué et présenté les $VO_2\text{max}$ de 4 équipes féminines de basketball, évoluant en première division sénégalaise. Ces $VO_2\text{max}$ sont :

- de 40,1 à 49,1 ml/kg/min à l'USO,
- de 35,6 à 50,6 ml/kg/min au Bopp,
- de 19,53 à 47,6 ml/kg/min au Diaraaf,
- de 31,1 à 50,6 ml/kg/min au Duc.

D'autres valeurs sont rapportées chez les filles de l'équipe nationale de football du Sénégal de 2007 [17]. Elles varient de 35,1 à 50,6 ml/kg/min.

5 Etat de la recherche sur le poids, la taille et l'IMC des sportives de haut niveau

L'indice de masse corporelle (IMC) est aujourd'hui le critère validé par l'OMS permettant de qualifier la corpulence d'une personne.

L'IMC est utilisé afin de déterminer les risques de décès prématuré lié à un surpoids. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) stipule qu'un individu, homme ou femme, ayant un IMC entre 18,5 et 29,9 kg/m² est moins à risque de mourir prématurément qu'un individu présentant des valeurs inférieures ou supérieures. On utilise également l'IMC pour déterminer le statut pondéral d'une personne. Le tableau ci-dessous présente la classification pondérale selon l'IMC [18].

Tableau n°7 : Classification de la corpulence par l'OMS selon l'IMC.

IMC (kg/m ²)	Classification
< 18,5	Poids insuffisant
18,5 – 24,9	Poids normal
25 - 27	Surpoids léger
27,1 - 30	Surcharge Pondérale
30 - 35	Obésité du type 1
35,1 - 40	Obésité du type 2
>40	Obésité morbide

Egal au poids du sujet divisé par la taille au carré du sujet, l'IMC permet de déceler les sportifs maigres, les sportifs à corpulence normale, les sportifs en surpoids et les sportifs obèses.

Catherine Cabrol [19] a rapporté chez la gardienne de l'équipe nationale de handball de France, un IMC égal à 23,2 kg/m² pour un poids de 73 kg et une taille 1,68 m.

En outre, Frank I. et William [20] ont publié l'âge, la taille, le poids et l'IMC des sportives américaines résidant dans les états suivants :

- Caroline du nord (1962) : des jeunes femmes âgées de 17 à 25 ans présentaient une taille de 1,65 m, une masse de 55,5 kg et un IMC de 22,9 kg/m²,
- Caroline du nord (1975) : des jeunes femmes âgées de 17 à 26 ans présentaient une taille de 1,66 m, une masse de 57,4 kg et un IMC de 24,6 kg/m²,
- Californie (1968) : des femmes âgées de 19 à 23 ans présentaient une taille de 1,65 m, une masse de 58,4 et un IMC de 21,9 kg/m²,
- Californie (1970) : des femmes âgées de 17 à 29 ans présentaient une taille de 1,64 m, une masse de 58,6 kg et un IMC de 25,5 kg/m²,
- Californie du nord (1975) : des jeunes femmes âgées de 17 à 26 ans présentaient une taille de 1,66 m, une masse de 57,4 kg et un IMC de 24,6 kg/m²,

- Texas (1978) : des femmes âgées de 18 à 26 ans présentaient une taille de 1,65 m, une masse de 57,4 kg et un IMC de 25,5 kg/m².

METHODOLOGIE

I. MATERIEL

1. POPULATION D'ETUDE

60 handballeuses évoluant dans le championnat de première division 2010 – 2011 ont participé à notre étude.

12 parmi elles jouent au Dakar Université Club (Duc), 12 évoluent au Diamano club, 12 à l'Union sportive Goréenne (us Gorée), 12 au Diaraaf et 12 aux Saltigués.

1.1 Critères d'inclusion

Seules les joueuses âgées de 18 à 35 ans, suivant régulièrement les entraînements, participant aux championnats et titulaires dans leurs clubs, étaient incluses dans notre étude.

1.2 Critères d'exclusion

Dans l'étude étaient exclues :

- les joueuses âgées de moins de 18 ans,
- les joueuses âgées de plus de 35 ans,
- les joueuses blessées n'ayant pas suivi régulièrement les entraînements,
- et les joueuses non titulaires.

2. MATERIEL UTILISE

Pour réaliser l'étude, nous avons utilisé le matériel suivant :

- un terrain de hand-ball (20 x 40 m),
- un magnétophone Sharpe,
- une cassette de Luc-Léger.

II. METHODE

1. Mesure de la taille

La taille des femmes était mesurée à l'aide d'un somatomètre. La mesure était faite sans chaussures. La femme devait appuyer le dos et la tête directement sur le somatomètre. Une fois bien en place, on demandait à cette dernière de faire une inspiration maximale tout en étirant le cou vers le haut. La tête était droite et le menton dressé pointant vers l'avant et parallèle au sol. Alors qu'elle retirait sa respiration, on appliquait doucement la toise sur le sommet de la tête (vertex).

Une fois la toise bien en place, on demandait au sujet de se retirer tout en maintenant la toise fermement appuyée au mur.

On prenait la lecture de la taille directement sous la base de la toise, avec une précision désirée de 0,1 cm.

2. Mesure du poids

Le poids des femmes était mesuré avec un pèse-personne de marque SECA qui est un petit appareil de forme carré avec un petit tableau gradué devant une aiguille qui oscille et donne la valeur qui détermine le poids. Chaque femme portant un minimum de vêtements (short et tee-shirt), se tenait debout sur la balance, restait immobile pieds joints, le corps droit, le regard horizontal en distribuant son poids sur ses pieds. La lecture était prise avec une précision de 0,25kg.

3. Description des tests

3.1 Description de la mesure de la fréquence cardiaque au repos

La fréquence cardiaque au repos est mesurée chez tous les joueuses. L'évaluation est manuelle et consiste à prendre le pouls au niveau du cou en comptant le nombre de battements cardiaques à la minute.

3.2 DESCRIPTION DU TEST DE LUC-LEGER

Il s'agit d'un test d'endurance permettant une évaluation extrapolée de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2\text{max}$). Pour réaliser ce test, les sujets doivent faire des allers-retours sur un parcours étalonné de 20m, en touchant bien la ligne des 20m au moment où un signe sonore émis à l'aide d'une bande magnétique pré enregistrée se fait entendre. Au début du test, la vitesse de course est de 8,5 km/h. Elle augmente ensuite de 0,5 km/h toute les minutes. L'enregistrement est tel que la fréquence des signaux sonores augmente afin que la vitesse de course augmente aussi. Le test prend fin lorsque le sujet ne peut plus maintenir la vitesse imposée. La vitesse du dernier palier complété, que l'on appelle la vitesse aérobie maximale (VMA) sert à estimé le $\dot{V}O_2\text{max}$.

4. DEROULEMENT DES TESTS

Les tests se sont déroulés dans la matinée à partir de 09h. Un jour a été réservé à chaque club.

4.1 Déroulement de la mesure de la fréquence cardiaque au repos

Arrivés sur le terrain où se déroule le test de Luc-Léger, les sujets vont s'allonger sur des tapis pendant 10 min pour que la fréquence cardiaque revienne à sa valeur de repos. A la dixième minute, nous enregistrons le nombre de pulsation cardiaque en tâtant le pouls au niveau de l'artère carotide. On pose le majeur et de l'index sur la face externe de la base du cou. Dès qu'on sent les pulsations entraînées par le passage du sang dans l'artère carotide lors de l'éjection systolique, on compte le nombre pendant 60 secondes.

4.2 Déroulement du test de Luc-Léger

L'épreuve est collective : les douze (12) handballeuses sont placées au départ sur l'une des lignes qui délimitent les vingt mètres (20m). Au premier signal sonore qui marque le début du test, les joueuses s'élancent en marchant ou en trotinant lentement vers l'autre ligne d'en face. Le deuxième signal sonore qui marque le début du retour doit coïncider avec l'arrivée des joueuses sur la ligne d'en face. Ainsi la joueuse doit soutenir le rythme dicté par la bande sonore qui augmente à chaque palier.

Durant le test, l'entraîneur, ses adjoints, les autres joueuses, mes assistants et moi-même encourageons les joueuses pour qu'elles se surpassent.

Quand une joueuse est en avance par rapport au bip sonore qui marque l'arrivée sur une des lignes, on lui demande de diminuer sa vitesse de course pour être en phase avec la bande sonore.

On demande à la joueuse de s'arrêter quand son retard excède 50cm lors du bip sonore. Elle sort de la zone de course et se dirige vers le technicien qui enregistre sa performance : le palier auquel elle s'est arrêtée. Ainsi le test se poursuit pour les autres joueuses jusqu'à la dernière éliminée.

5. Statistiques

Après avoir noté l'âge, mesuré la taille, le poids, la fréquence cardiaque de repos, estimé la consommation maximale d'oxygène de chaque sujet, nous avons calculé l'indice de masse corporelle (IMC) de chaque sujet.

$$\text{IMC} = P / t^2.$$

P = poids du sujet,

T = taille du sujet.

Enfin nous avons comparé les moyennes des équipes à l'aide du test t de Student après avoir vérifié l'égalité des variances et la normalité.

Notre probabilité d'erreur (α) est fixée à 5%, c'est-à-dire l'erreur que nous acceptons de commettre en se prononçant sur l'hypothèse H_0 .

H_0 : il n'existe aucune différence significative entre les moyennes comparées.

Décision :

Si la probabilité d'erreur P trouvée lors du test de Student est inférieure à l'hypothèse H_0 est rejetée, d'où il existe une différence statistiquement significative entre les moyennes comparées.

Si la probabilité d'erreur P trouvée lors du test de Student est supérieure à l'hypothèse H_0 est confirmée d'où il n'existe aucune différence statistiquement significative entre les moyennes comparées.

Résultats

Tableau 1 : Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO₂ max du Diamono à celles du Duc.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO2max (ml/kg/min)	
	Dia	Duc	Dia	Duc	Dia	Duc	Dia	Duc	Dia	Duc	Dia	Duc
Moyenne	20 ± 1,28	22,92 ± 1,24	63,08 ± 5,82	65,33 ± 5,34	160,08 ± 5,82	163,42 ± 4,89	24,87 ± 0,68	24,53 ± 37,52	75,00 ± 5,98	76 ± 5,39	45,50 ± 1,23	45,89 ± 0,77
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	1,05		0,31		0,14		0,40		0,67		0,12	
Discussion	DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS	

VO₂ max: consommation maximale d'oxygène

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporelle

Dia : Diamono

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

Il n'existe aucune différence statistiquement significative entre les valeurs moyennes de l'équipe du Diamono et celles du Duc.

Tableau 2: Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la Fcr et du VO2max du Diamono à celles du Diaraaf.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO2max (ml/kg/min)	
	Dia	Diar	Dia	Diar	Dia	Diar	Dia	Diar	Dia	Diar	Dia	Diar
Moyenne	20 ± 1,28	23,3 3± 1,07	63,08 ± 5,28	72,08 ± 5,34	160,08 ± 5,82	164,58 ± 6,13	24,87 ± 0,68	26,63 ± 34,63	75,0 ± 5,98	71,1 7 ± 6,64	45,50 ± 1,23	46,08 ± 1,36
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	6,05		0,001		0,14		0,08		0,67		0,12	
Discussion	DNSS		DSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS	

VO₂ max consommation maximale d'oxygène

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporelle

Dia : Diamono

Diar : Diaraaf

DNSS : Différence non statistiquement significative

DSS : Différence statistiquement significative

Commentaire :

Ce tableau montre que le poids des joueuses du Diaraaf est significativement plus élevé que celle du Diamono.

Tableau3 : Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr, du VO₂ max du Diamono à celles des Saltigués.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO ₂ max (ml/kg/min)	
	Dia	Salt	Dia	Salt	Dia	Salt	Dia	Salt	Dia	Salt	Dia	Salt
Moyenne	20 ± 1,28	23,5 ± 1,45	63,08 ± 5,82	65,58 ± 12,12	160,0 8 ± 5,82	168,1 7 ± 8,64	24,8 7 ± 0,68	23,57 ± 33,93	75,00 ± 5,98	70,50 ± 3,73	45,50 ± 1,23	46,08 ± 1,14
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	2,54		0,31		0,14		0,12		0,04		0,12	
Discussion	DNSS		DSNS		DNSS		DNSS		DSS		DNSS	

VO₂ max: consommation maximale d'oxygène

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

Salt : saltigué

Diar : Diaraaf

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

Il ressort de ce tableau que seule la fréquence cardiaque de repos des Saltigués (fcr =70,50 b/m) est significativement inférieure à celle du Diamono (75 b/m).

Tableau 4 : Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO₂ max du Diamono à celles de l'us Gorée.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO ₂ max (ml/kg/min)	
Moyenne	Dia	Gor	Dia	Gor	Dia	Gor	Dia	Gor	Dia	Gor	Dia	Gor
	20 ± 1,28	22,33 ± 2,01	63,08 ± 5,82	69,5 ± 6,97	160,0 8 ± 5,82	164,58 ± 6,13	24,8 7 ± 0,68	25,72 ± 33,93	75,0 ± 5,98	68 ± 8,22	45,5 ± 1,23	47,83 ± 1,88
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,003		0,05		0,05		0,59		0,01		0,001	
Discussion	DSS		DNSS		DNSS		DNSS		DSS		DSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO₂ max: consommation maximale d'oxygène

Dia : Diamono

Gor : Gorée

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

L'équipe de l'us Gorée est significativement plus âgée et a un VO₂ max significativement plus élevées que celles du Diamono. L'équipe de l'us Gorée a aussi une fcr significativement plus basse que celles du Diamono.

Tableau 5: Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO₂max du Saltigué à celles de l'us Gorée.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO ₂ max (ml/kg/min)	
Moyenne	Salt	Gor	Salt	Gor	Salt	Gor	Salt	Gor	Salt	Gor	Salt	Gor
		23,5 ± 1,45	22,33 ± 2,01	65,58 ± 12,1	69,5 ± 6,97	168,17 ± 8,64	164,58 ± 6,13	23,57 ± 33,93	25,72 ± 33,93	70,5 ± 3,73	68 ± 8,22	46,08 ± 1,14
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,11		0,38		0,66		0,39		0,35		0,01	
Discussion	DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO₂max: consommation maximale d'oxygène

Salt : Saltigué

Gor : Gorée

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

La valeur moyenne du VO₂max de l'us Gorée est significativement plus élevée que celle des Saltigués.

Tableau 6: Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO2max des Saltigués à celles du Duc.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO2max (ml/kg/min)	
Moyenne	Salt	Duc	Salt	Duc	Salt	Duc	Salt	Duc	Salt	Duc	Salt	Duc
		23,5 ± 1,45	22,92 ± 1,24	65,58 ± 12,1	65,33 ± 5,34	168,17 ± 8,64	163,42 ± 4,89	23,57 ± 33,93	24,53 ± 37,52	70,5 ± 3,73	76 ± 5,39	46,08 ± 1,14
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,30		0,95		0,11		0,30		0,01		0,73	
Discussion	DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DSS		DNSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO2max: consommation maximale d'oxygène

Salt : Saltigué

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

La fcr des Saltigués est significativement plus basse que celle du Duc

Tableau7: Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcret du VO2max des Saltigués à celles du Diaraaf.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO2max (ml/kg/min)	
Moyenne	Salt	Diar	Salt	Diar	Salt	Diar	Salt	Diar	Salt	Diar	Salt	Diar
		23,5 ± 1,45	23,33 ± 1,24	65,58 ± 12,1	72,08 ± 5,34	168,17 ± 8,64	164,58 ± 6,13	2,3, 57 ± 33,93	26,63 ± 34,63	70,5 ± 3,73	71,17 ± 6,64	46,08 ± 1,14
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,75		0,12		0,25		0,12		0,76		1	
Discussion	DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO2max: consommation maximale d'oxygène

Salt : Saltigué

Diar : Diaraaf

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

Il n'existe aucune différence significative entre les Saltigués et le Diaraaf.

Tableau 8: Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO2max du Diaraaf à celles du Gorée.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO2max (ml/kg/min)	
	Diar	Gor	Diar	Gor	Diar	Gor	Diar	Gor	Diar	Gor	Diar	Gor
Moyenne	23,33 ± 1,24	22,33 ± 2,01	72,08 ± 5,34	69,5 ± 6,97	164,58 ± 6,13	164,58 ± 6,13	26,63 ± 34,63	25,72 ± 33,93	71,17 ± 6,64	68 ± 8,22	46,08 ± 1,36	47,83 ± 1,88
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,14		0,45		0,72		0,63		0,31		0,01	
Discussion	DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO2max: consommation maximale d'oxygène

Diar : Diaraaf

Gor : Gorée

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

Le VO₂max moyen de l'us Gorée est significativement plus élevé que celle du Diaraaf.

Tableau 9 : Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO₂max du Duc à celles du Gorée.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO ₂ max (ml/kg/min)	
	Duc	Gor	Duc	Gor	Duc	Gor	Duc	Gor	Duc	Gor	Duc	Gor
Moyenne	22,92 ± 1,24	22,3 3 ± 2,01	65,33 ± 5,34	69,5 ± 6,97	163,42 ± 4,89	164,58 ± 6,13	24,53 ± 37,52	25,72 ± 33,93	76 ± 5,39	68 ± 8,22	45,89 ± 0,77	47,83 ± 1,88
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,40		0,11		0,52		0,61		0,01		0,01	
Discussion	DNSS		DNSS		DNSS		DNSS		DSS		DSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO₂max: consommation maximale d'oxygène

Gor : Gorée

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

L'us Gorée a une VO₂max plus élevée et une Fcr plus basse que celles du Duc.

Tableau10 : Comparaison des valeurs moyennes de l'âge, du poids, de la taille, de l'IMC, de la fcr et du VO2max du Duc à celles du Diaraaf.

Variables	Age (ans)		Poids (kg)		Taille (cm)		IMC (kg/m ²)		Fcr (b/min)		VO2max (ml/kg/min)	
Moyenne	Duc	Diar	Duc	Diar	Duc	Diar	Duc	Diar	Duc	Diar	Duc	Diar
		22,92 ± 1,24	23,3 3± 1,24	65,33 ± 5,34	72,08 ± 5,34	163,42 ± 4,89	164,58 ± 6,13	24,53 ± 37,52	26,63 ± 34,63	76 ± 5,39	71,17 ± 6,64	45,89 ± 0,77
α= 0,05	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
P (student)	0,39		0,01		0,61		0,77		0,07		0,76	
Discussion	DNSS		DSS		DNSS		DNSS		DNSS		DNSS	

Fcr = fréquence cardiaque de repos

IMC : Indice de Masse Corporel

VO2max: consommation maximale d'oxygène

Diar : Diaraaf

DSS : Différence statistiquement significative

DNSS : Différence non statistiquement significative

Commentaire :

Les résultats montrent que le poids des joueuses du Diaraaf est significativement plus élevé que celle du DUC.

DISCUSSION DES RESULTATS

L'âge moyen est de 20 ans au Diamono, de 23 ans aux Saltigués et au Diaraaf et de 22 ans à l'Us Gorée et au Duc. Ces valeurs comparables à celles (20 – 24 ans) de la femme de référence [21] montrent que nos équipes sont jeunes. La jeunesse est un facteur de performance car, elle permet à l'équipe de supporter et d'assimiler la surcharge induite par l'entraînement et de récupérer pour se présenter à la prochaine séance avec un gain (surcompensation).

Cependant l'équipe des Saltigués est significativement plus âgée que les autres ($p < 5\%$).

La taille de la femme de référence (163,8 cm) est légèrement supérieure à celle du Diamono (160,08 cm), comparable à celle du Duc (163,42 cm) et du Diaraaf (164,58 cm) et inférieure à celles des Saltigués (168,17 cm) et de l'Us Gorée (166,08 cm).

En outre, la taille moyenne des équipes du Saltigué et du Duc sont comparables à celles des sportives américaines des états de Californie, de Caroline du Nord et du Texas [21].

Il découle de cette comparaison ci-dessus que nos handballeuses ne sont pas petites et qu'elles ont une taille qui leur permet de s'épanouir dans leur discipline.

Le poids moyen du Diaraaf (72,08 kg) est statistiquement ($p < 5\%$) plus important que ceux du Diamono (63,08 kg), du Duc (65,33 kg), de l'Us Gorée (69,5 kg) et des Saltigués (65,5 kg). Ces valeurs sont supérieures à celle de la femme de référence (56,76 kg) et à celles des sportives américaines de Caroline du Nord, de la Californie et du Texas [21]. La seule valeur du poids ne peut nous permettre de qualifier nos handballeuses. C'est ainsi que nous avons étudié l'indice de masse corporelle (IMC), critère le plus objectif pour déterminer la corpulence.

Les IMC du Diamono (24,87 kg/m²), du Saltigué (23,57 kg/m²) et du Duc (24,53 kg/m²) sont comprises entre 18,5 et 24,9 kg/m², intervalle défini par l'OMS et qui qualifie la corpulence d'un sujet de normal. Ces IMC sont significativement inférieurs à ceux de l'Us Gorée (25,72 kg/m²) et du Diaraaf (26,63 kg/m²) qui sont supérieurs à la valeur (21,34 kg/m²) au delà de laquelle, le sujet ou l'échantillon est considéré en surpoids. Les l'IMC trouvés sont supérieurs à celui de la femme de référence [21].

En outre les IMC du Diamono, du Duc et du Saltigué sont comparables à ceux des sportives américaines résidant en Caroline de Nord en 1975 et en Californie en 1968 et 1975 [20].

Cependant, les IMC de l'Us Gorée et du Diaraaf sont supérieurs à ceux des américaines ci-dessus.

La consommation maximale d'oxygène de l'Us Gorée (47,83 ml/kg/min) est supérieure à celles des autres équipes ($p < 5\%$). Faye [16] a rapporté une consommation maximale d'oxygène moyenne de 44,42 ml/kg/min. Cette valeur est inférieure à celles estimées dans les 5 clubs de handball qui constituent notre échantillon. En outre, les consommations maximales d'oxygène des équipes de handball de notre échantillon sont inférieures à celles des athlètes de fond et de ½ fond de haut niveau [14], mais supérieures à celles des équipes féminines de basket-ball évoluant dans le championnat de première division du Sénégal en 2007 [17].

Cependant, selon la classification d'Astrand [22], les clubs qui constituent notre échantillon d'étude, l'équipe nationale de handball féminine de 2007, ont une endurance de niveau départemental ($VO_2\text{max}$ comprise entre 40 et 50 ml/kg/min.)

La fréquence cardiaque moyenne de repos la plus basse est enregistrée chez l'équipe de l'Us Gorée (68 b/min). Cette valeur, comparable à celle (73 b/min) de l'équipe nationale de handball du Sénégal de 2007 [16] n'est pas différente de celle d'une femme saine sédentaire. En outre, les valeurs moyennes des 5 équipes de notre échantillon sont plus élevées que celles des handballeuses de haut niveau (58 à 60 b/min) [3].

Cette fréquence cardiaque de repos, proche de celle d'une femme sédentaire pourrait être expliquée par l'insuffisance d'un entraînement en endurance, qui entraînerait un renforcement du nerf vague, cardio-modérateur.

CONCLUSION

Estimer la consommation maximale d'oxygène, mesurer la fréquence cardiaque de repos et calculer l'indice de masse corporelle des joueuses titulaires de cinq équipes de handball du championnat de première division Sénégalaise étaient l'objectif de notre travail.

Il ressort de notre étude que nos handballeuses ont une fréquence de repos comparable à celle d'une sédentaire, et une endurance de niveau départemental.

En outre, l'Us Gorée et le Diaraaf sont légèrement en surpoids.

BIBLIOGRAPHIE

1. Lounana J. Pulmonary function testing of exercise-induced asthma in cycling elite athletes. *European Respiratory Journal*, 2003 ; 22 (45) : 259-260.
2. Bernard C. *Physiologie du handball féminine*. Paris, – ligue IFE handball, 1995, 1-23.
3. Yourtchenko Y. *Méthodologie de l'entraînement et pratique sportive féminine*. Euro-hand, 1990 ; 5 : 77-78.
4. Gacon G. La notion de dérive pulsative dans le suivi de l'entraînement. *AEFA*, 1992 ; 127 : 3-8.
5. Bouroche J.M, Saporta G. *L'analyse des données*. Paris, P.U.F, Que sais-je ? 1980 ; 125 p.
6. François S.P. *Santé et activité physique*. Paris, Masson, 1984, P 126.
7. Faye P.M. *Mesure de la puissance aérobie maximale : Etude de validité des Epreuves de Cooper et Balke et leur comparaison avec l'épreuve de course navette de 20 m*. Mémoire de maîtrise ES-STAPS, INSEPS, UCAD, 2007.
8. Buchheit M. *Le 30-15 intermittent Fitness Test. Un nouveau test de terrain spécifiquement dédié aux joueurs de sport collectif pour la détermination d'une vitesse maximale aérobie intermittente*. *Approches du handball*, 2005 ; 87 :27-34.
9. Hadji C. *Les bases physiologiques de l'exercice musculaire*, Paris, Vigot, 1989 ; 81-86.
10. Denis C. *Etude bioénergétique d'un sport collectif : le handball*. Thèse de doctorat de médecine. Paris, VI, 1977, p 112.
11. Margaria R. *The kinetics of oxygen consumption at the onset of muscular exercise in man*. *Ergonomics*, 1965 ; 8 :49-54.
12. Francis P.W. et coll. « *Les bases de l'entraînement* » Paris, Vigot, 1961 ; 103-8.
13. Astrand P.O. et Saltin B. « *Précis de physiologie de l'exercice musculaire* » Masson, 1980 ; p 249-274.
14. Dougall M, .Wenger H.J et coll. *The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise*. *J Sci Med Sport*, 1960. 5(3) : 194-203.

15. Bricki et Dekkar. Test technique d'évaluation physique des athlètes, Travaux et recherches en EPS : Evaluation de la valeur physique, INSEP, 1987 ; 7 : 7-35.
16. Ndoye L. Evaluation et comparaison de certaines qualités physiques observées sur des joueuses dans le championnat national en 1^{ère} division. Mémoire de maîtrise ES-STAPS, INSEPS, UCAD, 2008-2009.
17. Faye - A. Evaluation des qualités physiques des handballeuses de l'équipe nationale du Sénégal. Mémoire de maîtrise ES-STAPS, INSEPS, UCAD, 2007
18. Wang. - Z.M., et al. Six-compartment body composition model: inter-method comparisons of total body fat measurement. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1998 ; 22 :329-37.
19. Cabrole C. Analyse de la performance des équipes mondiales de handball. Mémoire pour le diplôme de l'I.N.S.E.P, Paris, I.N.S.E.P, 2007 ; 1- 3.
20. Frank I. et coll. Nutrition, Masse corporelle et Activité Physique. Paris, Vigot, 1991 ; 285 p.
21. Behnke A. et all. Nutrition, masse corporelle et activité physique, Paris, Vigot, 1985 ; p 31.
22. Astrand R. Evaluation de la consommation maximale d'oxygène (VO₂max) Par une épreuve sous-maximale indirecte en laboratoire sur ergocycle. A.E.F.A. 1954 ; 38 : pp 2-8.

Tableau1 : Valeurs individuelles et moyennes de l'âge, de la taille, de l'IMC, du VO2max et de la fréquence cardiaque de repos du Diamono.

Sujet	Agés (ans)	Poids (kg)	Tailles (cm)	IMC (kg/m ²)	VO2max (ml/min/kg)	FCr (bat/min)
1	19	55	160	21,48	43,75	72
2	21	65	157	26,37	43,75	78
3	20	61	150	27,11	43,75	72
4	19	60	157	24,34	45,50	78
5	18	62	162	23,62	45,50	78
6	18	67	162	25,53	45,50	66
7	20	75	157	30,42	45,50	84
8	22	67	160	26,17	45,50	78
9	21	63	175	20,57	45,50	72
10	21	65	163	24,46	47,25	84
11	20	57	160	22,26	47,25	72
12	21	60	158	24,03	47,25	66
Moyennes	20	63,08	160,08	24,87	45,50	75,00
Ecart types	1,28	5,28	5,82	0,68	1,23	5,98

VO2max: consommation maximale d'oxygène

FCr : fréquence cardiaque de repos

Tableau2 : Valeurs individuelles et moyennes de l'âge, de la taille, de l'IMC, du VO2max et de la fréquence cardiaque de repos du DUC.

Sujet	Agés (ans)	Poids (kg)	Tailles (cm)	IMC (kg/m ²)	VO2max (ml/min/kg)	FCr (bat/min)
1	23	67	157	64,70	45,50	72
2	24	75	165	27,55	45,50	78
3	22	72	172	24,34	45,50	78
4	21	68	160	26,56	45,50	72
5	25	62	162	23,62	45,50	66
6	24	58	170	20,07	45,50	84
7	23	60	162	22,86	45,50	84
8	23	61	167	21,87	47,25	78
9	24	65	160	25,39	47,25	72
10	23	70	158	28,04	47,25	80
11	22	67	160	26,17	47,25	72
12	21	59	168	20,90	47,25	76
Moyennes	22,92	65,33	163,42	24,53	46,23	76
Ecart types	1,24	5,34	4,89	37,52	0,90	5,39

VO2max: consommation maximale d'oxygène

FCr : fréquence cardiaque de repos

Tableau 3 : Valeurs individuelles et moyennes de l'âge, de la taille, de l'IMC, du VO2max et de la fréquence cardiaque de repos du Saltigué.

Sujet	Agés (ans)	Poids (kg)	Tailles (cm)	IMC (kg/m ²)	VO2max (ml/min/kg)	FCr (bat/min)
1	24	61	167	21,87	43,75	66
2	22	61	165	22,40	45,5	72
3	23	55	165	20,20	45,5	72
4	22	60	180	18,51	45,5	72
5	23	65	176	20,98	45,5	66
6	22	57	184	16,83	45,5	66
7	23	97	160	37,89	45,5	72
8	27	58	170	20,07	47,25	78
9	25	55	173	18,37	47,25	72
10	24	78	163	29,35	47,25	72
11	23	72	157	29,21	47,25	66
12	24	68	158	27,23	47,25	72
Moyennes	23,5	65,58	168,17	23,57	46,08	70,50
Ecart types	1,45	12,12	8,64	33,93	1,14	3,73

VO2max: consommation maximale d'oxygène

FCr : fréquence cardiaque de repos

Tableau 4 : Valeurs individuelles et moyennes de l'âge, de la taille, de l'IMC, du VO2max et de la fréquence cardiaque de repos du Diaraaf.

Sujet	Agés (ans)	Poids (kg)	Tailles (cm)	IMC (kg/m ²)	VO2max (ml/min/kg)	FCr (bat/min)
1	24	62	157	25,15	43,75	77
2	23	68	160	26,56	43,75	76
3	22	65	162	24,76	45,5	56
4	23	70	170	24,22	45,5	72
5	25	67	165	24,60	45,5	67
6	22	76	172	25,68	45,5	66
7	23	75	175	24,48	47,25	80
8	22	82	160	32,03	47,25	72
9	24	84	167	30,11	47,25	66
10	23	72	157	29,21	47,25	78
11	25	66	160	25,78	47,25	72
12	24	78	170	26,98	47,25	72
Moyennes	23,33	72,08	164,58	26,63	46 ,08	71 ,17
Ecart types	1,07	6,97	6,13	34,63	1,36	6,64

VO2max: consommation maximale d'oxygène

FCr : fréquence cardiaque de repos

Tableau 5 : Valeurs individuelles et moyennes de l'âge, de la taille, de l'IMC, du VO2max et de la fréquence cardiaque de repos du Gorée.

Sujet	Âges (ans)	Poids (kg)	Tailles (cm)	IMC (kg/m ²)	VO2max (ml/min/kg)	Fcr (bat/min)
1	25	61	167	21,87	45,50	78
2	20	65	165	23,87	45,50	72
3	25	78	165	28,65	45,50	60
4	24	77	162	29,34	47,25	66
5	19	72	172	24,33	47,25	54
6	20	68	180	20,98	47,25	60
7	23	67	184	19,78	47,25	66
8	22	63	175	20,57	49	72
9	24	71	170	24,56	49	72
10	23	66	130	39,05	49	78
11	22	91	163	34,25	50,75	60
12	21	55	160	21,48	50,75	78
Moyennes	22,33	69,5	166,08	25,72	47,83	68
Ecart types	2,01	9,37	13,53	33,93	1,88	8,22

VO2max: consommation maximale d'oxygène

Fcr : fréquence cardiaque de repos