

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR DE L'EDUCATION POPULAIRE ET DU SPORT

(INSEPS)

DEPARTEMENT DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET DU SPORT

MEMOIRE DE MAITRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES DES
ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES

(STAPS)

THEME :

**FLOTTABILITE ET CATEGORIE
D'AGE CHEZ LES NAGEURS
SENEGALAIS (benjamine, minime,
cadette et junior/senior) : CAS DE LA
REGION DE DAKAR**

Présenté et soutenu par :

M. Papa Moussa SANE

Sous la direction de :

M. Abdou Karim THIOUNE
Professeur à l'INSEPS

Année Universitaire : 2004-2005

DEDICACE

Au nom d'**Allah**, le Tout Puissant, le Clément, le
Miséricordieux, gloire à son prophète **Mohamed** (PSL)

Je dédie ce travail à :

- ✓ ma mère **Diénéba DIEDHIOU** : les sacrifices que vous avez consentis pour moi demeureront à jamais dans ma mémoire. Vous avez su me guider, me conseiller, m'encourager, me protéger et m'entourer d'un amour inestimable. Recevez ce modeste travail qui est le vôtre, en témoignage de mon amour filial.

Que le bon Dieu éclaire mon chemin afin que je reste fidèle à mon objectif : vous honorer

- ✓ mon père **Mamadou Lamine SANE** : avec toi j'ai appris ce qu'est le culte du travail bien fait et surtout la rigueur. Vous avez su me guider, m'aider à garder la tête sur les épaules dans les moments les plus délicats de mon cursus universitaire. Vous n'avez ménagé aucun effort pour la réalisation de ce travail. Que **Dieu** vous garde.
- ✓ Mon fils **Ousmane Diout SANE** : avec toi j'ai appris ce qu'est le sens de la responsabilité.
- ✓ Mes sœurs Mame Fatou, Yaye Téning et mes frères Cheikh, Aboubacry, Fallilou que **DIEU** guide vos pas vers le chemin de la réussite.
- ✓ Mes grands frères Famara, Salif et Jules Souleymane
- ✓ Ma grande sœur Fatou SANE, Fatou Diarra

- ✓ Omar Badié SANE : vous m'avez surtout encouragé à embrasser cette discipline
- ✓ Mes amis d'enfance : Ousmane Thieck, Ngor, Mbade, Mbacké, Yankhoba, Adama, Dama, Karamoko, Mame Waly, Djiby Dia, Alioune Badara, Alexis François Sarr, Ibrahima Manga Dunga
- ✓ Doudou Sarr, Mohamadou, Djiby, Atabou, Samboucoye, Cheikh, Omar Ngom et tout le reste de la promotion
- ✓ Nogoye Diouf pour ton soutien moral et affectif
- ✓ Mention spéciale à Nabou YADE pour toute ton aide
- ✓ Omar Boris SANE et sa femme Bineta DIOUF
- ✓ Aliou SANE et sa femme Siny FALL pour leur hospitalité
- ✓ Aïssatou Sall, Madjiguène Dieng, Khadidiatou Diop, Léna Fall, Sophia, Mamy Faye, Awa Sall.
- ✓ Mes grands Abdoulaye Sané, Yaya Manga Inzaghi, Samba Bathie, Nzalé, Pape Mody, Benjamin Gomis, Cheikh Fall, Amadou Niane, Maodo Malick.
- ✓ Insa Sagna, Daouda Diaw, Djiby Sow, Malick Faye, Alioune Badara, Mamadou Marone, Babacar Seck, Pape Seck, Ibrahima Fall, Amy Dramé, Néné Diaw, Khady Ndiaye, Khary Gaye, Laye Sidibé, Nguénar Ndour, Prospère Louis Thiaré, Amar Seck, Pape Sall, Sérigne Dioum, El Hadj Malick Diakhaté, Moussa Diarra, Leyti Faye.
- ✓ Tous mes amis (es).
- ✓ Tous les étudiants de l'INSEPS : bonne réussite
- ✓ Tous les membres de la C.E.E.R.N.F
- ✓ Monsieur **Moussa GUEYE** : je ne saurais trouver les mots pour vous exprimer à quel point, je regrette ton absence. Voici le fruit du travail que nous avons entamé. Que DIEU t'accueille dans son paradis. AMEN...
- ✓ **Abdoul Khadre Mbodj** mon promotionnaire et **Mme Aminata Diack Ndiaye** professeur, tous arrachés à notre affection. Que la terre vous soit légère. Amen...

REMERCIEMENTS

Merci au **TOUT PUISSANT** de m'avoir donné la santé et le courage de commencer et de terminer cette étude dans de meilleures conditions.

- ✚ A monsieur **Abdou Karim Thioune** : vous avez guidé mes premiers pas dans la natation mais aussi dans la recherche scientifique. De votre rigueur et de votre abnégation dans le travail vous m'avez tendu la perche pour éviter ma coulée. Merci d'avoir accepté de m'encadrer pour l'accomplissement de ce travail. Que Dieu vous garde longtemps parmi nous.
- ✚ A monsieur **SEYE** pour vos conseils
- ✚ A tous les professeurs de l'INSEPS
- ✚ Aux bibliothécaires **Anastasie** et Grégoire **Diatta** pour votre disponibilité
- ✚ A Tata Marie **Diène**, Tata **Anta** et madame **Dramé**
- ✚ Mention spéciale à **Mbargou Faye** infirmier à l'INSEPS pour tout le soutien matériel
- ✚ Aux entraîneurs **Malick Fall** de l'équipe nationale, monsieur **DEM** et **Mlle SARR** du CND et les autres coachs des autres clubs et à **Fatou Bintou**
- ✚ A tous les nageurs qui ont accepté de subir les tests : merci
- ✚ A monsieur **Moussa Djiba** pour vos conseils
- ✚ A tous ceux qui de près ou de loin ont œuvré pour la réalisation de ce travail
- ✚ A **Maïmouna Ndiaye** pour l'impression et le tirage

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I) Revue de littérature	4
I)-1 Les composantes de la flottabilité.....	4
I-1-1 la flottabilité.....	4
I-1-2 les méthodes de détection de la flottabilité.....	7
I-1-2-1 Flottabilité verticale.....	7
I-1-2-2 Flottabilité horizontale.....	7
I-1-3 les variables de la flottabilité.....	8
I-1-3-1 le pourcentage de graisse.....	8
I-1-3-1-1 méthodes d'évaluation du pourcentage de graisse.....	10
I-1-3-2 la capacité vitale pulmonaire.....	12
I-1-3-3 la morphologie ou configuration du corps.....	16
I)-2- Place et importance de la flottabilité dans la performance en natation.....	16
II) Méthodologie	19
II-1 caractéristiques de la population.....	19
II-2 tests hydrostatiques	20
II-2-1 test du niveau de flottaison verticale.....	20
II-2-2 test de la durée de flottaison horizontale.....	21
II-3 mesures biométriques.....	22
II-3-1 les plis cutanés.....	22
II-3-2 taille debout.....	23
II-3-3 taille assise.....	24
II-4 mesures spirométriques.....	25
II-5 Matériels.....	26
III) Présentation des résultats	27

IV) discussions des résultats.....36

CONCLUSION.....41

PERSPECTIVES.....43

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

Les progrès scientifiques et techniques mis au point dès le XIX ième siècle ont constitué un déclic pour des recherches de tout genre. Actuellement, il n'y a pas de domaines vitaux qui échappent à la curiosité scientifique de l'homme. Toutes les recherches font l'objet de perpétuelles contestations et améliorations ; ce qui a poussé **Gaston Bachelard** à dire que « *la vérité scientifique est un vrai sur un fond d'erreurs* ». Il faut donc se rendre à l'évidence que malgré les découvertes réalisées par l'homme surtout pendant cette deuxième moitié du XX ième siècle, beaucoup de choses restent encore à être explorées.

Leur application dans le domaine sportif en général et en natation en particulier profite aux nombreux athlètes qui s'adonnent à la discipline. L'originalité de la recherche en natation, c'est qu'elle doit tenir compte des caractéristiques intrinsèques et extrinsèques liées à la fois au milieu et à l'individu. Ainsi de 1908, date à laquelle la codification de la discipline a été amorcée à nos jours, de nombreux records ont été battus en toutes spécialités.

C'est aussi la date à laquelle fut créée la fédération internationale de natation et amateurs (F.I.N.A). La création de cette structure a surtout innové la natation par les changements apportés au niveau des règlements qui implicitement s'appuient sur des données scientifiques et techniques pour induire la performance.

Dans cette optique d'étude des caractéristiques de la performance, **Scelles, Deleaval et Martinez (1987)** stipulent qu'elle se révèle être « soumise à l'interaction de trois facteurs déterminants :

- les facteurs statiques qui sont liés au passé du sujet,

- les facteurs dynamiques qui correspondent au vécu actuel du sujet
- les facteurs spécifiques qui réunissent les qualités spécifiques inhérentes à la haute performance en natation ».

Ces derniers, les facteurs spécifiques, restent liés en natation à l'hydrostatique, à l'hydrodynamique et à l'hydromécanique. Cependant les facteurs liés à l'hydrostatique sont en rapport avec la flottabilité du nageur. Et celle-ci est «fonction de la densité du milieu et celle de l'individu qui sont le fait de la congruence de plusieurs facteurs interagissant, déterminant le degré de flottabilité des sujets». C'est donc dire que la densité de l'individu dépend de plusieurs facteurs biométriques tels que la composition corporelle (pourcentage de graisse, d'os, d'eau, de muscles,...) et le volume pulmonaire...etc.

Par ailleurs, **Parmer** faisait un constat que la plupart des enfants caucasiens savent flotter en équilibre dans n'importe quelle position. Les enfants noirs semblent être beaucoup moins nombreux à pouvoir le faire. On cherche encore aujourd'hui à savoir pourquoi cette différence. Mais il se pourrait qu'elle soit due à un ensemble de facteurs parmi lesquels la densité des os qui est plus élevée chez les enfants de race noire.

Cependant il faut éviter de tomber dans le piège souvent soulevé qui prétend affirmer que les noirs, parce que qu'ils ont une densité plus importante, ne peuvent pas accéder à un niveau de performance élevé.

Cette forte densité pourrait être considérée comme un facteur limitant dans l'obtention d'une belle performance, si elle n'est pas compensée par des acquisitions techniques et par un programme de développement rationnel et progressif des capacités physiques. Ces préjugés justifieraient-ils le fait que l'Afrique soit carrément laissée en marge de cette mouvance de la natation mondiale ; exception faite, à l'Afrique du Sud qui compte dans ses rangs des médaillés olympiques

depuis ces dernières années après une longue absence dans le concert de la natation africaine.

De même nous constatons que l’Afrique brille par son absence au sommet de la pyramide de la natation mondiale. Les recherches consacrées aux nageurs africains particulièrement dans le domaine de la recherche de la performance chez ces derniers ne semblent pas être une préoccupation en Afrique et plus particulièrement au Sénégal. D’où l’intérêt de notre étude à partir de laquelle nous cherchons à comprendre comment ces facteurs de la flottabilité se présentent chez les nageurs sénégalais d’une catégorie inférieure à une catégorie supérieure. Comment ces différentes variables interagissent ? Nous estimons dès lors que la connaissance des variables de la flottabilité des nageurs est un indicateur pertinent à prendre en compte dans la gestion de l’entraînement et donc dans la recherche de la performance.

Par conséquent nous stipulons comme hypothèse que la flottabilité du nageur régresse au fur et à mesure qu’il gagne de l’âge. Ce qui veut dire que, les petites catégories ont une meilleure flottabilité que les grandes catégories.

De ce fait le sport moderne s’appuyant actuellement sur les résultats de la recherche scientifique, il devient dès lors opportun, de considérer, dans l’optique d’avoir une natation sportive de haut niveau, ces éléments de la flottabilité qui influencent de manière déterminante la performance.

Pour cela notre travail sera réparti en trois grandes parties. Dans la première partie, la revue de littérature, nous relaterons l’ensemble des notions relatives à la flottabilité du nageur. La seconde partie sera réservée à la méthodologie. Dans la troisième partie, nous présenterons les tableaux suivis de la discussion des résultats. Enfin, après fait l’économie de notre travail, la conclusion, nous dégagerons les perspectives.

I) REVUE DE LITTERATURE

I-1 LES COMPOSANTES DE LA FLOTTABILITE

Plusieurs facteurs contribuent à la réalisation d'une belle performance. Parmi ceux-ci la flottabilité constitue un élément fondamental. Car il faut noter auparavant que pour nager il faut d'abord flotter. D'où l'intérêt d'avoir une bonne flottabilité pour améliorer sa performance. Toutefois celle-ci est caractérisée par un certain nombre de facteurs. Mais avant de les citer nous relaterons quelques notions relatives à la flottabilité.

I-1-1 La flottabilité

La flottabilité c'est l'équilibre statique du nageur dans l'eau ou encore hydrostatique. Cet équilibre se réalise selon une position proche de la verticale, le corps étant soumis à une double action, à deux forces :

- **le poids (P)** : il est proportionnel à la masse du sujet. C'est une force verticale orientée de haut en bas s'appliquant au centre de gravité qui se situe à la cinquième vertèbre lombaire. Elle est constante quelque soit le niveau d'immersion du corps. $P=m.g$ ou m est la masse (en kilogramme) et g l'intensité de la pesanteur (en N/Kg).

- **La poussée d'Archimède (PA)** : elle est égale au poids du volume d'eau déplacée par le corps immergé, elle s'exerce de bas en haut et s'applique au centre de poussée localisé au centre du volume d'eau déplacée (à proximité des plus grands volumes corporels immergés : le thorax)

(g) fait couler et (PA) fait flotter. Le rapport g / PA exprime la flottabilité du nageur, en général la flottabilité est positive parce que (PA) est supérieure à (g). Un nageur flottera d'autant mieux que sa densité est faible c'est-à-dire que le rapport Poids/volume sera faible.

Tout corps ayant une densité supérieure ou égale à celle de l'eau a tendance à se maintenir à la surface de celle-ci, on dit qu'il flotte. Ceci se traduit par le rapport poids / volume qui indique le niveau de flottabilité.

La densité du corps humain varie en fonction du milieu et des facteurs ostéo-articulaires et respiratoires, de la musculature, de la répartition du poids et de la quantité des tissus adipeux.

Les travaux de **CLAUSER et AL. (1969)** rapportent que la plupart des tissus du corps humain ont une densité supérieure à un (1) ; celle des muscles vaut 1,087 ; elle est de 1,8 pour les os compacts ; 1,105 pour les autres types d'os. Tous ces éléments entrent en jeu pour déterminer la flottabilité du nageur et sa position de flottaison. Un corps peut ainsi avoir une flottabilité positive et négative. Elle est négative si le corps coule au fond de l'eau.

L'âge et le sexe de l'individu sont des facteurs qui font varier la flottabilité. Les enfants flotteraient mieux que les adultes car ils ont un cartilage plus important que les os, leur tissu adipeux est plus important et il atteint son maximum à l'adolescence.

Selon **KNAPP, B. (1975)**, le moment le plus favorable pour l'apprentissage de la natation se situe entre dix et quatorze ans période pendant laquelle le corps contient sa plus grande proportion de graisse. La flottabilité des personnes du troisième âge est surtout due aux os qui sont poreux. La race serait aussi un facteur explicatif de la flottabilité.

GHEQUIERE et KARVONIEN (1971) rapportent, que la race caucasienne flotterait mieux que la race noire grâce aux téguments de peau épais, aux poumons et un volume résiduel plus petits, et un pourcentage d'os compacts élevés chez les noirs.

Chez l'homme l'hétérogénéité du corps fait varier les points d'application de la force de réaction. Ces deux points ne sont pas confondus. Les études de **VIVENSANG (1978)** montrent que le centre de gravité où s'applique le poids au niveau de la cinquième vertèbre lombaire et le centre de poussée où s'applique la force de réaction au niveau de la première vertèbre lombaire ne sont pas confondus. Quand le sujet est à l'horizontal, ces deux points d'application se rapprochent. La flottabilité peut être améliorée en adoptant une position allongée et en augmentant le volume en extension des bras de la partie haute de la colonne vertébrale.

I-1-2 Méthodes de mesure de la flottabilité :¹

Il s'agit de déterminer la capacité du nageur à flotter. Pour cela il existe deux tests pour identifier la flottaison du nageur :

I-1-2 -1 Flottabilité verticale :

Le nageur se tient droit dans l'eau, les pieds joints et en extension, les bras pendants collés au corps, mains contre les cuisses. De cette position, le sujet fait une inspiration forcée et bloquée ensuite. Une aide le tient au niveau des épaules. Au signal l'aide le laisse doucement.

L'évaluateur repère le niveau de flottaison suivant les points suivants :

1. tête immergée
2. eau niveau du front
3. eau niveau du nez
4. eau au niveau du menton
5. eau au niveau du cou ou plus bas

I-1-2 -2 Flottabilité horizontale :

L'eau est à la hauteur du cou. A partir de cette position le sujet se met en planche sur dos ou sur le ventre, bras tendus le long du corps, mains contre les cuisses. Une aide place une main sous le dos et l'autre sous les cuisses.

L'objectif est de chronométrer le temps que les jambes font pour toucher le fond du bassin. Les jambes doivent être tendues et serrées tout au long du test. Le temps est pris au centième de seconde près. Celui qui aura la meilleure flottabilité est celui qui fera le plus de temps pour que

¹ www.brive-unilim.fr/staps/D1natation.htm-46k

les pieds touchent le fond du bassin. Tout au long du parcours le nageur reste soumis aux principes de la biomécanique.

I-1-3 Les variables de la flottabilité :

I-1-3-1le pourcentage de graisse :

Le dictionnaire de médecine définit la graisse comme étant « une substance constituée par des molécules de glycérides dont le glycérol est estimé par un, deux ou trois acides organiques, à quatre carbones au minimum ». Le pourcentage de graisse est le produit de la masse de graisse par cent rapporté à la masse totale de l'individu. Dans ce cas il est obtenu par des tables dressées par des physiologistes. Il varie d'un individu à un autre et d'un sexe à un autre. Il est légèrement plus élevé dans le corps de la femme (que celui de l'homme) qui possède de plus grandes réserves de lipides.

Les premiers se trouvent dans la moelle osseuse, le cœur, les poumons, le foie, la rate, les intestins, les muscles et des tissus riches en lipides du système nerveux cérébral.

Ils sont essentiels au fonctionnement cellulaire. Chez les femmes, les lipides constitutifs englobent aussi les lipides caractéristiques du sexe. Les glandes mammaires et la région pelvienne étant les premiers sites des lipides caractéristiques du sexe, la masse des seins de la femme représente à elle seule 4% du contenu adipeux total qui varie entre 14% et 35%.

Les lipides de réserves sont des dépôts graisseux qui s'accumulent sous formes de tissus adipeux. Cette réserve comprend le tissu adipeux sous cutané et les tissus adipeux qui protègent les organes vitaux contre les chocs.

Selon **ARDLE, KATCH et WILLIAM (1985)** la proportion des lipides de réserve est d'environ 12% chez l'homme et 15% chez la femme. Les valeurs de graisse les plus élevées ont été relevées chez les nageurs de longues distances.

CAZORLA et COLL (1984) ajoutent à cela que ces graisses contribuent le plus à fournir de l'énergie pendant un exercice modérément intense et/ou pendant un exercice prolongé de longue durée (plusieurs minutes). Pour être utilisées, elles doivent être décomposées en glycérol et en acides gras libres. Ces derniers servent à régénérer l'énergie nécessaire à la contraction des muscles.

Ainsi les acides gras doivent être transportés jusqu'aux muscles par le sang. Leur métabolisme nécessite de l'oxygène et ils peuvent être utilisés pendant un effort prolongé modérément intense de 40% à 60% de la puissance maximale aérobie. Les lipides sont aussi un carburant des efforts prolongés.

Une augmentation du pourcentage de graisse est toujours alliée à une diminution du pourcentage de masse maigre. Par conséquent on assiste à une diminution de la densité.

Le pourcentage de graisse pour un jeune homme actif se situe aux environs de 10% alors qu'il est aux environs de 13 à 15% pour les femmes. Toutefois une quantité minimale d'adiposité est nécessaire ; particulièrement pour les fonctions de protection qu'elle exerce.

I-1-3-1-1 Méthodes d'évaluation du pourcentage de graisse :

✓ Poids rapporté à la taille :

Les toutes premières rapportaient le poids à la taille en mètre, à la taille en mètre au carré. **PIRNAY** les trouve erronées car c'est la taille au cube qui doit être constituée, et tout prenant compte de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur. Cette méthode permettrait seulement d'avoir un aperçu sur le surplus de poids et sur celui de la graisse.

✓ Plis cutanés :

Cette méthode permet d'estimer le pourcentage de graisse de manière plus précise que la précédente. L'estimation se fait à partir des formules suivantes qui prennent en compte l'âge et le sexe de l'individu.

➤ de 17 à 26 ans :

Femmes : % = $0,55 \text{ triceps} + 0,31 \text{ scapulaire} + 6,13$

Hommes : % = $0,43 \text{ triceps} + 0,58 \text{ scapulaire} + 1,67$

➤ de 13 à 16 ans :

Filles : % = $1,102 - (0,058 * \log \text{ pli scapulaire})$ parizkova

Garçons : % = $1,131 - (0,083 * \log \text{ pli scapulaire})$ parizkova

➤ de 9 à 12 ans :

Filles : % = $1,079 - (0,043 * \log \text{ pli scapulaire})$ parizkova

Garçons : % = $1,034 - (0,054 * \log \text{ pli scapulaire})$ parizkova

✓ **Evaluation par immersion :**

Deux types d'évaluation sont possibles :

➤ **l'immersion totale :** entraîne une diminution du poids apparent à cause de la poussée d'Archimède. Le poids apparent varie avec le taux de graisse. Des études obtenues sur des densités extrêmes 1,1 kg/l pour la partie non grasse et 0,9kg/l pour la partie purement grasse, permettent à **SIRI** de proposer une formule du pourcentage de graisse :

$$(4,95 / \text{densité du corps} - 4,50) \times 100$$

Cette méthode nécessite la connaissance de la température, de la densité, du niveau de pureté de l'air, de la quantité de gaz résiduel et de la pression atmosphérique de l'air. Elle est difficile à maîtriser mais son avantage est qu'elle permet d'avoir des mesures précises.

➤ des études menées par **DRINK WATER** et **COLL** permettent d'améliorer cette méthode en tenant compte de quatre catégories de tissus, des calculs en immersion et des plis cutanés ; ce qui permet d'avoir :

$$\text{Masse osseuse} = \text{taille} \times \text{périmètre thoracique} / 240$$

$$\text{Masse de graisse} = (4,95 / \text{densité} - 4,50) \times \text{poids}$$

$$\text{Masse résiduelle} = P - (\text{os} + \text{muscles} + \text{graisse})$$

$$= 0,35t (d_1 + d_2 + d_3) / 3 + d_4 / 2$$

Où d_1 , d_2 , d_3 , sont les diamètres du tronc et d_4 le diamètre de la tête. Cette masse résiduelle correspond surtout à celle des viscères.

✓ **Evaluation par tomodensitométrie :**

Elle se fait par radiographie, soit par ultrasonographie. Dans les deux cas, c'est soit un rayon X, soit un son, qui est envoyé et qui traverse le corps en aller et retour dont la durée varie en fonction du point de réflexion. Le taux de rayons X absorbés permet d'établir une carte après analyse de la composition corporelle et la disposition des tissus du corps.

Le calcul devient alors simple après l'obtention de la densité des tissus cartographiés. C'est une méthode très précise mais malheureusement les moyens utilisés ne sont pas à la portée de tout le monde.

I-1-3-2 La capacité vitale pulmonaire :

Tout volume gazeux subit des variations en fonction de la température, du degré de saturation en vapeur d'eau et de la pression. La capacité vitale est définie comme étant le volume d'air maximum qui peut être expiré après une inspiration maximale. Elle ne représente qu'une fraction du volume pulmonaire total. Bien que la capacité vitale soit en relation avec la dimension corporelle (comme la taille), on ne peut toutefois affirmer que ce facteur est exclusivement décisif quant à la dimension des volumes pulmonaires. En effet, chez la femme, les volumes pulmonaires sont d'environ 10% plus petits que ceux des hommes de même âge et de même dimension corporelle.

La capacité vitale est généralement plus élevée chez les sujets entraînés, à masse corporelle égale, en particulier chez les spécialistes de certaines disciplines comme la natation et la plongée sous marine. Ainsi il n'est pas surprenant chez les nageurs dont le patron de la respiration consiste en des inspirations relativement peu fréquentes suivies par des

périodes de rétentions respiratoires qu'un grand volume pulmonaire soit requis.

FAULKNER rapporte que les valeurs de capacité vitale chez des nageurs de sexe masculin sont de l'ordre de 5,23 à 6,28 litres, dépassant ainsi de 6 à 13% les valeurs en fonction de l'âge, de la taille et du sexe. L'auteur suggère par là que l'entraînement en natation peut amener une augmentation de la capacité vitale.

Les résultats obtenus lors des mesures spirométriques sont généralement des systèmes d'unités bien codifiés. Les deux couramment utilisés sont :

- **le système standard des physiciens** : standard temperature and pressure, dry (S.T.P.D) dont la température est de 0°C, la pression 760 mmHg et le mélange gazeux sec.

- **le système body temperature, atmospheric pressure saturated (B.T.P.S)** dont la température est celle du corps, la pression 760 mmHg, le mélange gazeux saturé en vapeur d'eau à la température du corps. Des formules de convention permettent de passer d'un système à un autre.

La valeur moyenne de la capacité vitale est de 4,5litres. Elle représente la somme du volume de réserve inspiratoire, du volume courant, du volume de réserve expiratoire.

Le volume courant (VC) : est le volume d'air mobilisé au repos à chaque inspiration ou expiration d'amplitude normale. Sa valeur moyenne est de 0,5litre.

Le volume de réserve expiratoire (VRE) : est le volume d'air mobilisé par une expiration forcée faisant suite à une inspiration normale. Sa valeur normale est de 2,5litres.

Le volume de réserve inspiratoire (VRI) : est le volume d'air mobilisé par une inspiration forcée à la suite d'une inspiration normale. Sa valeur moyenne est de 1,5litre.

Ces données varient en fonction des milieux. Des études de **RODHAL et de ASTRAND** montrent que l'immersion pouvait réduire la capacité vitale de 10% et pouvait ramener le volume de réserve expiratoire de 2,5litres à moins d'un litre. L'augmentation du volume courant est dans ces conditions uniquement assurée par l'utilisation du volume de réserve inspiratoire.

I-1-3-3 La morphologie ou configuration du corps :

La morphologie du nageur joue un rôle important sur sa flottabilité. La flottabilité naturelle du nageur est personnelle et différente d'un individu à un autre. Elle dépend de la masse grasse, de la masse osseuse et de la masse musculaire. Ainsi elle dépend du sexe, de l'âge et de l'ethnie du nageur. C'est ainsi qu'on peut différencier trois types de personnes :

- une personne à forte proportion de graisse dans le corps (plutôt forte) : est dite endomorphe, la densité moyenne de son corps aura tendance à être inférieure à la densité de l'eau.
- une personne à faible proportion de graisse dans le corps (plutôt mince) est dite ectomorphe : la densité moyenne de son corps sera approximativement équivalente à la densité de l'eau.
- une personne à forte proportion de muscles dans le corps (plutôt musclée) est dite mésomorphe : la densité moyenne de son corps aura tendance à être supérieure à la densité de l'eau.

Entre autre plus le nageur est dense et/ou plus le niveau de pratique en natation est bas et plus le gain de performance attendue est élevé. Ce qui nécessite le fait d'avoir une bonne flottabilité.

I-2- Place et importance de la flottabilité dans la performance en natation :

Le nageur en progression dans l'eau est confronté à un certain nombre de résistances telles que les résistances frontales, tourbillonnaires etc. Et pour vaincre ces résistances celui-ci a besoin d'avoir une position aquaplane d'où l'intérêt d'avoir une bonne flottabilité.

La taille en générale qui de concert avec les autres facteurs influençant la flottabilité, intervient dans la mécanique de la nage en réduisant ou en augmentant les résistances hydrodynamiques, ce sont les rapports segmentaires tels la longueur des jambes et des bras par rapport au tronc qui sont déterminants à ce niveau.

En effet les jambes longues et lourdes constituent un handicap puisqu'elles auront tendance à se diriger vers le bas, augmentant ainsi la surface du maître couple qui détermine la résistance frontale. D'ailleurs la remarque faite chez les nageurs de haut niveau montre une tendance chez ces derniers à avoir des jambes courtes par rapport au tronc et des bras qui sont relativement grands, c'est-à-dire une tendance à la brachyskélie.

En ce qui concerne les formes corporelles, l'idéal serait celles qui donneraient une bonne « hydrodynamisme » avec un corps qui est large en haut au niveau des épaules et du thorax et qui devient progressivement étroit vers le bas en passant par la taille, le bassin et les jambes.

Force est de croire que, plus la distance est courte, plus une grande taille est un atout de poids. Chez les nageurs, il peut probable que dans les grandes finales des jeux olympiques sur 50m nage libre, on trouve au

départ un nageur de moins de 1m90. Car les grands font moins de mouvements, ils ont des gestes d'une grande amplitude, ils touchent plus vite le mur, à l'échelle d'un 50m, c'est capital.

PATRICK ISSERT, journaliste spécialisé en natation à l'AFP, racontait à la question « pensez-vous que vos records du monde seront battus ? » **POPOV** (nageur) a répondu « oui, mais sans doute par quelqu'un de plus grand que moi ».

En effet l'efficacité d'un programme d'entraînement dépend de la connaissance qu'a l'entraîneur de l'ensemble des éléments qui concourent à la réalisation de la performance et de sa faculté à les mettre en œuvre tout en tirant profit de son vécu et de son expérience.

En définitive **SCELLES, DELEVAL et MARTINEZ** soulignent que « la performance doit être comme un tout et il serait regrettable d'occulter le moindre des facteurs qui la constituent. S'appuyer sur un type de facteurs déterminants pour entreprendre l'élaboration d'un plan de carrière représente un élément d'appréciation intéressant, mais non suffisant révélant une conception restrictive et réductionniste de la performance »

II) METHODOLOGIE

II-1 - Caractéristiques de la population

La population choisie est constituée de l'ensemble des nageurs des différents clubs de la ville de Dakar. Ils sont au nombre de **32** et sont répartis entre le Cercle des Nageurs de Dakar (CND), la Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO), l'Union Sportive Goréenne (USG), l'Olympique de Ngor, l'union sportive de Ouakam (USO), le Dakar Université Club (DUC) et le Yoff. Le choix la région de Dakar s'explique par le fait qu'elle représente les 85% des nageurs du Sénégal, suivie de la région de Thiès avec 7 %, celle de Saint Louis avec 5 % et celle de Kaolack avec 3 %.

Catégories clubs	Benjamine 9-11 ans	Minime 12-14 ans	Cadette 15-17 ans	Junior/senior 18 ans et plus
CND	2	2	3	2
BCEAO	2	2	2	2
NGOR	1	1	0	1
DUC	1	0	1	1
YOFF	1	1	0	1
USG	1	1	1	1
USO	0	1	1	0
Total	8	8	8	8
Total (N)	32			

Cette population regroupe des nageurs de deux sexes répartis en fonction de leur catégorie constituée de huit nageurs chacune. Les catégories sont : benjamine, minime, cadette, junior/ senior. Les catégories junior et senior ont été jumelées car lors des championnats elles participent ensemble aux mêmes épreuves. Et dans chaque catégorie il y a une parité au niveau du sexe.

L'ensemble de ces nageurs constitue l'élite de la natation sénégalaise. Leur âge est connu par une présentation de la carte nationale d'identité ou scolaire, de la licence ou toute autre référence d'identité. Les tests ont été effectués à la piscine olympique de Dakar

II-2 Tests hydromécaniques²

Les tests ont été effectués à la piscine olympique de Dakar au niveau du grand bassin de 50m de long et 25m de large avec une profondeur de 2m.

II- 2-1 Test du niveau de flottaison verticale

- Déroulement de l'épreuve :

Le nageur se tient droit dans l'eau aux abords de la piscine à une profondeur supposée supérieure à sa taille, les pieds joints en extension, les bras pendants collés au corps, mains contre les cuisses. Il est soutenu par l'évaluateur qui le tient par les épaules. De cette position le nageur fait une inspiration forcée et bloquée ensuite. L'évaluateur le lâche tout doucement en l'accompagnant dans sa lente immersion dans l'eau.

² cbesnou.free.fr/archives_08.htm-101k

- **Mesure et enregistrement des résultats** : L'évaluateur repère le niveau de la surface de l'eau par rapport au corps du nageur et l'enregistre en lui mettant le point correspondant suivant le code ci-après :

1= tête immergée (mauvaise flottabilité)

2= eau au niveau du front (flottabilité moyenne)

3= au niveau du nez (assez bonne flottabilité)

4= eau au niveau du menton (bonne flottabilité)

5= eau au niveau du cou ou plus bas (très bonne flottabilité)

II-2-2 Test de la durée de flottaison horizontale :

- Déroulement de l'épreuve

L'eau est à la hauteur du cou du nageur. A partir de cette position le sujet se met en planche sur le dos ou sur le ventre, bras tendus le long du corps, mains contre les cuisses. Une aide place une main sous le dos et l'autre sous les cuisses. Le nageur fait une inspiration forcée puis bloquée.

- mesure et enregistrement des résultats :

Au même signal qu'il donne à l'aide pour supprimer les appuis, l'évaluateur enclenche son chronomètre et mesure le temps mis par les membres inférieurs pour retrouver leur position initiale et toucher le fond du bassin.

Cette durée est chronométrée au centième de seconde près et c'est la durée la plus longue qui est enregistrée. Car chaque nageur a deux essais. Comme consigne, aucune flexion au niveau des hanches et des genoux n'est admise tout au long de l'épreuve. En plus il est demandé au nageur d'opérer un relâchement complet du corps.

Tout au long du processus, le nageur reste soumis aux principes de la biomécanique : aux principes hydrostatiques.

Les nageurs sont notés de la sorte :

- ceux qui feront moins de dix secondes seront qualifiés d'une mauvaise flottabilité.

- ceux qui feront dix (10) secondes seront qualifiés d'une flottabilité moyenne.

- ceux qui feront vingt (20) secondes et plus seront qualifiés d'une bonne flottabilité.

II-3 Mesures biométriques :

II-3-1 Les plis cutanés

Les plis cutanés, ils seront mesurés par un adipomètre en caoutchouc de type ensure liquide nutrition gradué de 0 à 60 mm.

Par faute de moyens le calcul du pourcentage de graisse des catégories benjamine, minime et cadette est effectué en utilisant les formules précédentes situées à la page 11 dans la revue littérature. Les plis sollicités sont le triceps et le biceps.

Par ailleurs les plis sollicités pour la catégorie junior/senior sont ceux du biceps, du triceps, du sus iliaque et du sous-scapulaire conformément à la table de **DURNIN et WOMERSLEY (1997)** nous permettant de calculer le pourcentage de graisse d'une manière théorique en fonction de l'âge et du sexe.

Les résultats obtenus étant ceux calculés au centième près et arrondis au décimal supérieur si le troisième chiffre venant après la virgule, est supérieur à cinq (5). La partie droite du corps a été utilisée

pour la mesure des plis. Les plis du triceps et du biceps ont été mesurés au milieu du bras, pendant parallèlement à l'axe vertical du bras.

Pour le sous-scapulaire, la mesure est faite au niveau de l'angle inférieur et la peau soulevée parallèlement à l'axe du corps. Quant au sus-iliaque, le pli cutané vertical mesuré est celui situé au dessus de la crête iliaque.

Age (ans) sexe		17-19	20-29	30-39	40-49	50-76	> 76
		hommes	a	27,409	27,775	28,581	32,113
b	26,789	27,203	26,325	29,438	26,613	32,951	
femmes	a	30,509	33,539	30,874	27,112	31,674	33,868
b	27,899	31,057	27,712	15,815	23,891	30,408	

Tableau de DURNIN et WOMERSLEY

Pourcentage de graisse = a log (somme des 4 plis) - b

a et b sont des constantes qui varient avec l'âge et le sexe

II-3-2 La taille debout :

Le nageur se tient debout en maillot de bain léger sur la toise, pieds nus, talons serrés, le corps droit, la tête droite et le regard horizontal. Il s'étire au maximum vers le haut sans décoller les talons du plateau de la toise ou du sol.

L'évaluateur mesure la distance entre le vertex et le sol et l'enregistrement se fait en centimètre (cm).

II-3-3 taille assise :

Le sujet se tient assis sur les fessiers sur le plateau de la toise, les genoux pliés et les talons au sol. L'évaluateur mesure la distance entre le vertex et le sol en centimètre (cm).

Associée à la taille debout, la mesure de la taille assise permet de calculer l'indice skélique de MANŒUVRIER (**IM**).

$$\text{IM} = \frac{(\text{taille debout} - \text{taille assise})}{\text{taille assise}} \times 100$$

L'indice skélique de Manœuvrier permet de classer les sujets en :

- brachyskèles = membres inférieurs courts par rapport au buste
- mésotiskèles = membres inférieurs moyens par rapport au buste
- macroskèles = membres inférieurs longs par rapport au buste.

Tableau des valeurs en fonction du sexe :

sexe / classes	hommes	femmes
brachyskèles	Moins de 87,93	Moins de 80,78
Mésotiskèles	87,93 à 96,21	80,78 à 89,73
macroskèles	Plus de 96,21	Plus de 89,73

II-4 Mesures spirométriques :

Elles ont été effectuées par un spiromètre de type Flowate dans le laboratoire du département de physiologie de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar. Il a le même principe que les autres, cependant il possède certaines spécificités. Il est muni :

- d'un pneumotachographe qui est un capteur qui donne des informations reçues à l'ordinateur ;
- d'un ordinateur qui mesure l'air insufflé à travers le pneumotachographe.

Il est prédestiné aux mesures de capacité vitale lente, de capacité vitale forcée, de volume ventilatoire maximum. Il donne des courbes volume / temps, des courbes débit/volume et des courbes de volume ventilatoire maximum en douze (12) secondes.

Il a aussi la possibilité de faire un diagnostic dans des cas de pathologie restrictive et/ou obstructive sans pour autant en préciser.

Toutes les mesures ont été réalisées en position debout et un système d'étalonnage nous permet d'avoir des mesures fiables. Seule la capacité vitale lente a été mesurée car l'expiration prolongée dans l'air est identique à celle faite dans l'eau. Pour ce faire le sujet doit au préalable inspirer le maximum d'air, ensuite pincer le nez pour éviter l'échappement d'air et enfin expirer le plus profondément possible dans le spiromètre par l'intermédiaire d'un tube.

A la fin de l'expiration il doit inspirer tout l'air contenu dans l'appareil. Trois mesures ont été faites et la meilleure d'entre elles a été retenue.

Toutes les mesures ont été faites dans le système B.T.P.S dont la température est identique à celle du corps, la pression étant de 760 mmHg, et le mélange gazeux saturé en vapeur d'eau à 37° C.

II-5 Matériels

- adipomètre
- toise
- spiromètre
- un ordinateur
- chronomètre
- un bassin de 50m de long, 25m de large et 2m de profondeur
- un bassin de 25m de long et 12.5m de large
- pèse-personne

III) Présentation des résultats

Les résultats seront présentés dans huit tableaux dont deux par catégorie. Dans le premier tableau de chaque catégorie sera ressorti toutes les variables telles que l'âge, le poids, le niveau de flottaison verticale et le niveau de flottaison horizontale en fonction de la catégorie. Et dans le second nous aurons les variables telles que l'indice skélique de Manœuvrier, le pourcentage de graisse et la capacité vitale en fonction de la catégorie aussi.

Au bas de chacun des tableaux seront mentionnés la moyenne de chacune des variables et l'écart-type aussi, suivi du commentaire.

Tableau 1 : mesures biométriques (âge, poids) et tests de flottaison de la catégorie benjamine (moyenne et écart-type)

Variables	Agés (ans)	Poids (kg)	Niveau de son verticale	Durée de son horizontale (s)
Benjamins				
1	11	28	2	12.90
2	12	35	1	9.86
3	11	28	1	5.32
4	11	29	1	5.45
5 (f)	12	32	2	19.83
6 (f)	11	30	1	8.79
7 (f)	11	27	2	9.98
8 (f)	12	33	2	13.46
Moyenne	11.37	30.25	1.5	10.69
Ecart-type	0.48	2.63	0.5	4.43

On constate que malgré la moyenne de la variable poids qui est de 30.25kg, les filles ont un gain pondéral légèrement supérieur à celui des garçons. Les filles représentent les 50.61% du poids total. Quant à la variable liée à la flottaison verticale, elles représentent 58.33% du total et 60.82% de la durée de flottaison totale.

Tableau 1 bis : mesures biométriques : tailles, indice skélique de Manœuvrier, pourcentage de graisse et capacité vitale de la catégorie benjamins (moyenne et écart-type)

Variables benjamins	Taille debout	Taille assise	Indice skélique de Manœuvrier	Pourcentage de graisse	Capacité vitale (l)
1	140	68	105.88	9.91	1.97
2	145	70	107.14	9.88	1.86
3	138	66	109.09	9.96	1.82
4	138	70	97.14	9.91	1.90
5 (f)	152	71	114.08	10.36	1.98
6 (f)	142	72	97.22	9.21	1.96
7 (f)	141	71	95.83	11.33	1.94
8 (f)	144	73	97.26	10.46	1.98
Moyenne	142.5	70.12	103.05	10.12	1.92
Ecart-type	4.30	2.08	6.40	0.57	0.05

Tous les sujets sont des macroskèles avec une valeur moyenne de 103,5 comme l'indique l'indice skélique de Manœuvrier. Pratiquement les sujets ont tous la même capacité vitale comme nous le montre l'écart-type qui est de 0,05.

Tableau 2 : mesures biométriques (âge, poids) et tests de flottaison de la catégorie minime (moyenne et écart-type)

Variables minimes	Agés (ans)	Poids (kg)	Niveau de son verticale	Durée de son horizontale (s)
1	13	38	1	10.07
2	13	42	1	4.98
3	14	49	2	10.06
4	13	51	1	6.99
5 (f)	14	45	2	13.25
6 (f)	14	53	2	10.78
7 (f)	14	48	1	5.09
8 (f)	13	44	1	11.52
Moyenne	13.5	46.25	1.37	9.09
Ecart-type	0.5	4.63	0.48	2.85

On note dans ce tableau une diminution des variables telles que le niveau de flottaison verticale et la durée de flottaison horizontale par rapport aux benjamins.

Tableau 2 bis : mesures biométriques : tailles, indice skélique de Manœuvrier, pourcentage de graisse et capacité vitale des minimes (moyenne et écart-type)

Variables minimes	Taille debout	Taille assise	Indice skélique de Manœuvrier	Pourcentage de graisse	Capacité vitale (l)
1	150	73	105.48	10.56	2.01
2	158	76	107.89	10.66	2.31
3	162	80	102.5	12.48	2.38
4	159	77	106.49	10.83	2.35
5 (f)	160	77	107.79	12.44	2.21
6 (f)	166	80	104.94	13.87	2.81
7 (f)	167	81	106.17	11.39	2.79
8 (f)	155	75	106.67	12.27	2.27
Moyenne	<i>159.62</i>	<i>77.37</i>	<i>105.99</i>	<i>11.81</i>	<i>2.39</i>
Ecart-type	<i>5.21</i>	<i>2.59</i>	<i>1.62</i>	<i>1.07</i>	<i>0.25</i>

Une amélioration se fait remarquer au niveau de la capacité vitale et au niveau du pourcentage de graisse mais aussi une augmentation de l'indice skélique de Manœuvrier par rapport aux catégories précédentes.

Tableau 3 : mesures biométriques (âge, poids) et tests de flottaison de la catégorie cadette (moyenne et écart-type)

Variables cadets	Age (ans)	Poids (kg)	Niveau de flottaison verticale	Niveau de flottaison horizontale
1	15	50	1	6.94
2	15	47	1	5.84
3	16	53	1	7.93
4	15	51	1	6.44
5 (f)	16	52	1	10.52
6 (f)	16	49	1	9.07
7 (f)	15	51	2	10.73
8 (f)	16	48	2	12.63
moyenne	15.5	50.12	1.25	8.76
Ecart-type	0.5	1.89	0.43	2.23

Dans ce tableau nous remarquons que les variables de la flottaison régressent avec l'âge, comparées à celles des autres catégories inférieures.

Tableau 3 bis : mesures biométriques : tailles, indice skélique de Manœuvrier, pourcentage de graisse et capacité vitale des cadets (moyenne et écart-type)

Variables cadets	Taille debout	Taille assise	Indice skélique de Manœuvrier	Pourcentage de graisse	Capacité vitale (l)
1	166	85	95.29	11.34	2.99
2	164	80	105	12.25	2.86
3	171	83	106.02	10.53	3.16
4	168	83	102.41	11.24	3.05
5 (f)	162	81	100	13.23	2.8
6 (f)	165	81	103.7	13.07	2.71
7 (f)	166	82	102.44	12.72	3.07
8 (f)	169	82	106.1	10.87	3.21
Moyenne	166.37	82.12	102.62	11.91	2.98
Ecart-type	2.68	1.45	3.37	0.97	0.16

Celui-ci nous montre une augmentation progressive des valeurs moyennes de la capacité vitale et du pourcentage de graisse toujours par rapport aux autres catégories ci-dessus.

Tableau 4 : mesures biométriques (âge, poids) et tests de flottaison de la catégorie des nageurs junior/senior (moyenne et senior)

Variables Juniors/ seniors	Age (ans)	Poids (kg)	Niveau de son verticale	Durée de son horizontale (s)
1	25	78	1	5.14
2	26	72	1	6.03
3	27	73	1	5.87
4	23	68	1	6.27
5 (f)	19	55	1	6.31
6 (f)	18	56	1	11.07
7 (f)	17	54	2	12.23
8 (f)	22	66	1	7.29
Moyenne	22.12	65.25	1.12	7.52
Ecart-type	3.55	8.61	0.33	2.46

Les juniors et seniors ont une mauvaise flottaison d'après les résultats ci-dessus contrairement aux catégories inférieures.

Tableau 4 bis : mesures biométriques : tailles, indice skélique de Manœuvrier, pourcentage de graisse et capacité vitale des nageurs juniors/seniors (moyenne et écart-type)

Variables Juniors/ seniors	Taille debout	Taille assise	Indice skélique de Manœuvrier	Pourcentage de graisse	Capacité vitale (l)
1	175	87	101.15	10.93	5.14
2	184	90	104.44	11.08	5.02
3	182	90	102.22	12.61	5.00
4	180	88	104.54	11.23	4.26
5 (f)	172	84	104.76	13.64	2.91
6 (f)	179	89	101.12	13.06	2.98
7 (f)	169	82	106.10	14.05	3.02
8 (f)	171	82	108.54	13.25	3.12
Moyenne	176.5	86.5	104.10	12.48	3.93
Ecart-type	5.17	3.16	2.38	1.15	0.95

On remarque une nette amélioration du pourcentage de graisse et de la capacité vitale. Quant à l'indice skélique de Manœuvrier il révèle que tous les sujets sont des macroskèles.

IV) DISCUSSIONS DES RESULTATS

Au niveau de la catégorie benjamine, le tableau 1 montre que les variables telles que le niveau de flottaison verticale et la durée de flottaison horizontale restent légèrement favorables aux filles.

Pour le test de niveau de flottaison verticale sur les huit sujets qui ont été testés 50% ont eu la surface de l'eau au niveau de leur front. Alors que tout le reste était complètement immergé. Parmi ces 50% nous avons trois filles et un garçon.

Pour ce qui concerne la durée de flottaison horizontale les meilleurs temps ont été enregistrés au niveau des filles. Les sujets ont en moyenne une valeur de 10.69 secondes avec un écart-type de 4.46. Comparée à la valeur de référence à partir de laquelle les bons temps commencent à partir de 20 secondes on peut dire que les benjamins ont une flottaison moyenne.

Pour les autres variables dans le tableau 1 bis, il n'y a pratiquement pas différence. Car tous les sujets sont des macroskèles c'est-à-dire que la longueur des membres inférieurs est supérieure au buste en ce qui concerne l'indice skélique de Manœuvrier. Pour la capacité vitale pour une moyenne de 1.92litre, l'écart-type est de 0.05. Ce qui prouve que les sujets ont presque la même capacité vitale. Néanmoins il y a un léger avantage pour le pourcentage de graisse en faveur des filles.

En somme nous pouvons dire que les benjamines flottent mieux que les benjamins. Etant donné qu'au niveau des autres variables il n'y a presque pas de différence, le seul facteur ou la seule variable qui les identifie est le pourcentage de graisse qui est au profit des filles.

De même dans la catégorie minime, la tendance se dessine en faveur des filles pour les deux tests de flottabilité dans le tableau 2. Mais leur moyenne de flottaison horizontale est assez faible comparée à celle des benjamins, elle est de 9.09 secondes. Dans le tableau 2 bis on note un pourcentage de graisse assez important des filles par rapport aux garçons. Pour l'indice skélique de Manœuvrier, tous les sujets sont des macroskéliques. Pour la capacité vitale les sujets présentent pratiquement des valeurs sensiblement égales.

Cette augmentation du pourcentage de graisse des filles est due au fait qu'à cette période (entre 13 et 14 ans), les filles atteignent leur puberté à l'âge de 13 ans et les garçons à l'âge de 15 ans. L'accès à cet âge de la puberté pour les filles, favorise un dépôt important de graisse au niveau des seins et de la ceinture pelvienne avec l'élargissement du bassin.

Chez les cadets dans le tableau 3 encore une fois de plus les filles enregistrent les meilleurs résultats. Pour le test de flottabilité verticale tous les sujets étaient immergés sauf deux filles sur les huit testés.

Le tableau 3 bis nous révèle que tous les nageurs de cette catégorie sont des macroskèles avec une valeur moyenne de 102.62. Pour les autres variables il n'y a apparemment pas de changement car pour la capacité vitale l'écart-type est de 0.25litre. Sauf pour le pourcentage de graisse où on a une légère différence entre les garçons et les filles. Toutefois ce sont ces dernières qui ont la faveur pour les mêmes raisons évoquées au dessus avec les minimes.

Au niveau des juniors/seniors on remarque dans le tableau 4 une mauvaise capacité de flotter des nageurs. Car pour le test de flottaison verticale sur les huit qui ont été testés seul un des huit sujets a réussi à avoir la surface de l'eau au niveau du front. Et c'est une fille.

Quant à la moyenne de la durée de flottaison horizontale, elle est très faible. Elle tourne au tour de 7.52 secondes.

Le tableau 4 bis nous montre des sujets qui sont tous des macroskèles avec comme moyenne IM=104.10. Néanmoins ils révèlent une valeur moyenne de pourcentage assez élevée par rapport aux autres catégories avec 12.48%. Mais aussi ils ont une capacité vitale plus élevée surtout avec les hommes.

Cette différence de capacité vitale est due à une ouverture de la cage thoracique des hommes qui se développe avec un niveau d'entraînement très élevé des hommes par rapport aux filles.

Sur l'ensemble des tableaux ci-dessus, on constate que les variables telles que le poids, la taille, le pourcentage de graisse et la capacité vitale augmentent de manière croissante. C'est-à-dire plus qu'on avance d'une catégorie à une autre la moyenne de chacune de ces variables évoluent progressivement.

Cette augmentation de la masse grasse est surtout remarquée au niveau des filles en particulier dès l'âge de la puberté c'est-à-dire à l'âge de 13 ans au niveau de la catégorie minime.

Quant à l'augmentation de la capacité vitale, elle peut être expliquée l'agrandissement de la cage thoracique mais aussi par un niveau d'entraînement croissant surtout avec les hommes. C'est ce que confirme **FAULKNER** lorsqu'il disait que l'entraînement en natation peut entraîner une augmentation de la capacité vitale. Etant donné que les juniors/seniors ont un niveau d'entraînement plus élevé que les

catégories inférieures, donc ils auront forcément une capacité vitale plus élevée.

Par contre les variables telles que le niveau de flottaison verticale et la durée de flottaison horizontale qui toutes deux indiquent en quelque sorte la capacité du nageur à flotter, diminuent avec l'âge. C'est pour ainsi dire les benjamins flottent mieux, suivis des minimes, des cadets et enfin des juniors/seniors.

Pour le niveau de flottaison verticale la moyenne des benjamins est de 1.5 contre 1.37 pour les minimes, contre 1.25 pour les cadets et contre 1.12 pour les juniors/seniors.

Concernant la durée de flottaison, la valeur moyenne des benjamins est de 10.69 secondes dépassant celle des minimes de 1.6 seconde, soit 1.93 seconde de plus que les cadets et 3.17 secondes de plus que les juniors/seniors.

Cette meilleure flottabilité des benjamins ne peut être expliquée que par l'existence seulement d'un cartilage moins dense que les os au niveau de ces petites catégories, mais aussi par l'existence de muscles très flasques. A cela s'ajoute leur proportion de masse grasse qui leur permet de mieux flotter.

Avec le développement de l'enfant ce cartilage disparaît petit à petit et la densité des os s'accroît. Les activités physiques en générale et l'entraînement sportif en particulier contribuent au renforcement de la musculature. Ce qui explique en somme l'augmentation de la densité. On assiste alors à une régression de la flottabilité au cours de la croissance.

Le seul point sur lequel les sujets ont les mêmes résultats se situe au niveau de l'indice skélique de Manœuvrier. En somme tous les nageurs qui ont subi les tests sont des macroskèles c'est-à-dire que la longueur de leurs membres inférieurs est supérieure à celle du buste.

Par conséquent au cours de la nage ces nageurs auront tendance à avoir leurs jambes qui traînent lors de la propulsion augmentant ainsi les forces de résistance frontale. Ce qui a pour effet de réduire la performance de ces nageurs, si ces derniers n'adoptent pas une technique adéquate pour diminuer ces frottements.

CONCLUSION

Au cours de notre recherche, les résultats obtenus nous ont permis de voir l'allure de la variable telle que la flottabilité au cours de la croissance. Parmi les facteurs influençant la flottabilité du nageur, l'indice skélique de Manœuvrier nous montre que tous les sujets sont des macroskèles. C'est-à-dire que les sujets ont tous la longueur de leurs membres inférieurs supérieure à celle du buste. Ce qui constitue un handicap lors de la propulsion du nageur car augmentant les forces de résistance frontale.

On note aussi que le pourcentage de graisse et la capacité vitale augmentent avec l'âge. Et malgré l'augmentation de ces facteurs, les catégories inférieures détiennent la meilleure flottabilité.

En somme ces résultats nous révèlent que plus on avance d'une catégorie inférieure à une autre supérieure, la flottabilité devient de plus en plus précaire.

Ce qui nous permet de confirmer notre hypothèse comme quoi que la variable flottabilité régresse au fur et à mesure que le nageur prend de l'âge.

Dans cette tendance il convient toutefois de noter que les filles ont une meilleure flottabilité que les hommes parce qu'ayant une densité plus faible, un pourcentage de graisse plus important et une morphologie beaucoup plus adéquate.

De ce fait il serait intéressant dans l'avenir de comparer ces catégories avec les personnes du troisième âge (60 ans et plus), car la Fédération Sénégalaise de Natation vient de mettre en place une nouvelle catégorie de nageurs appelée « master ».

PERSPECTIVES

Ces études nous ont permis de voir comment la variable telle que la flottabilité se manifeste ou se comporte au cours de la croissance de ces nageurs. Ces techniques utilisées permettraient à nos entraîneurs de prendre en compte ces facteurs tels que le pourcentage de graisse, la capacité vitale qui ne sont parfois jamais mis en exerce.

A ce propos lorsqu'on a posé la question aux nageurs de savoir s'ils connaissaient leur pourcentage de masse grasse ou leur capacité vitale ? Ils ont répondu négativement.

Par exemple il est vrai que le tissu adipeux joue un rôle très important dans la flottabilité, mais un taux trop élevé serait un facteur limitant pour une réalisation d'une belle performance. Car comme le disait **YAHUZ** le pourcentage de graisse pour un jeune homme actif se situe aux environs de 10% alors qu'il est de 13 à 15% pour les femmes. Donc au-delà de ces normes le corps est soumis à un fardeau inutile diminuant ainsi la souplesse articulaire.

De ce fait les entraîneurs doivent tenir compte de ces détails parfois négligés et qui peuvent influencer sur les résultats de manière significative. Par conséquent nos recherches interviennent à plusieurs niveaux.

Sur le plan pédagogique, l'intérêt d'avoir ces connaissances permet de situer la période la plus opportune pour l'enseignement de la natation au cours de la croissance. C'est pourquoi nous pouvons dire que cette

période se situe entre 10 et 14 ans car l'enfant atteint sa meilleure flottabilité durant cette phase de son développement.

Sur le plan de l'entraînement, les entraîneurs doivent savoir que les nageurs qui ont une proportion de graisse assez importante doivent se spécialiser dans les épreuves de longue distance. Car ces graisses contribuent le plus à fournir de l'énergie pendant un exercice modérément intense et/ou pendant un exercice prolongé de longue durée (plusieurs minutes). D'ailleurs le nombre d'enfants âgés de 8 à 10 ans participant à la traversée Dakar- Gorée sur une distance de 5 km en est la parfaite illustration.

Sur le plan médical, ces travaux permettent de prendre en charge les femmes obèses qui trouvent de la peine à courir et qui psychologiquement ont tendance à croire que leur masse importante de graisse constitue un handicap pour la pratique de la natation.

En d'autres termes ces recherches peuvent constituer une référence ou un barème d'évaluation pour voir quels sont les nageurs qui renferment des potentiels qui leur permettraient de persévérer en natation. Ce qui favorise une mise en place d'un outil de gestion dans le cadre de la politique de développement telle que la détection des jeunes talents, l'orientation des nageurs dans les différentes spécialités et la sélection de ces derniers en équipe nationale.

BIBLIOGRAPHIE

- **Astrand, P. - O. and K. Rodahl.** Textbook of Work Physiology. New York, 1970 p.669
- **Cazorla, G. Montpetit, R ; Chatard, JC, 1984 :** aspects biologiques de la natation de compétition. Culture technique 13. p.127-157
- **Chatard, J.C ;** influence des facteurs morphologiques et de l'entraînement sur le rendement énergétique dans le message de l'ARN canet in Roussillon 1986
- **Clauser (C.E), MC Conville (J.T), Yong (J.W) 1969** weight, volume and center of masse of segments of the human body.
- **Collectives d'auteurs:** natation sportive, les techniques volume II dossiers techniques FAN 1992 p.36-46
- **Counsilman, James ; E,** votre Sport : la natation 1 les techniques p.9-19
- **Craplet, Camille, Craplet Pascal,** physiologie et activité sportive p.235-239 (Paris, Vigot) 1986
- **Durning et Womersley (1977)**in Luc Léger et Coll : évaluation de l'aptitude physique anthropométrique pourcentage de graisse, janvier 1989, note de cours p.38-39
- **Faulkner, J.A** encyclopédia of sport sciences and medicine Endurance swimming II [A] 31, p.339-340, 1971.1707p.p
- **Fox, Edouard et Mathews, Donald K,** bases physiologiques de l'activité physique Québec Décarie 1984 p.339-351
- **Knapp, Barbara ;** sport et motricité, l'acquisition de habilité motrice (Paris, Vigot frère édition) 1975 p.102-104
- **Mervyn L. Parmer ;** science de l'enseignement de la natation p.118
- **Palmer, Mervyn. L ;** science de l'enseignement de la natation (Paris, Vigot) ; collection sport plus enseignement 1985 p.69-98
- **Scelles, M. Deleaval, P. Martinez, R :** natation sportive, tome 1, l'entraînement. Paris 1987 p.236

- **Siri**, In : Dougall, MC et Coll, évaluation physiologique de l'athlète de haut niveau (Québec Décarie, Paris, Vigot) 1988 p.99-149

Adresses

- www.brive-unilim.fr/staps/D1natation.htm-46k
- cbesnou.free.fr/archives_08.htm-101k

FICHE DE RENSEIGNEMENT

Prénom (s) :

NOM :

Age (ans):

Sexe :

Catégorie :

Club :

Tests hydromécaniques :

Niveau de flottaison verticale : **1 2 3 4 5**

Durée de flottaison horizontale (secondes) :

Mesures biométriques :

Poids (kg):

Taille debout (cm) :

Taille assise (cm) :

IM=

Plis cutanés :

Tricipital (mm):

Bicipital (mm) :

Sub-iliaque (mm) :

Supra iliaque (mm) :

Pourcentage de graisse :

Mesures spirométriques (litre) :

Première mesure :

Deuxième mesure :

Troisième mesure :

