

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS  
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

\* \* \* \* \*

UNIVERSITE DE BAMAKO

\* \* \* \* \*

FACULTE DE MEDECINE, DE PHARMACIE  
ET D'ODONTO STOMATOLOGIE (FMPOS)

REPUBIQUE DU MALI  
Un Peuple - Un But - Une Foi

**ANNEE UNIVERSITAIRE : 2008-2009**

**TITRE**

***DYNAMIQUE DES PARAMETRES FONCTIONNELS CHEZ LES  
FOOTBALLEURS DE DEUX CLUBS DE PREMIERE DIVISION  
AU COURS DE LA SAISON SPORTIVE 2007-2008 DANS LE  
DISTRICT DE BAMAKO***

**THESE**

***Présentée et soutenue publiquement le 17 /01/ 2009  
Devant la faculté de médecine, de pharmacie et d'odonto stomatologie***

**PAR**

***Monsieur Lassine CAMARA***

***POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE  
(DIPLOME D'ETAT)***

**JURY :**

**Président :** ***Pr. Tiéman COULIBALY***

**Membres du jury :** ***Dr. Saïbou MAIGA***

***Dr. Kassoum SANOGO***

**Directeur de thèse :** ***Pr. Mamadou KONE***

# HOMMAGES AUX HONORABLES MEMBRES DU JURY

**A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DU JURY :**  
**Professeur Tiéman COULIBALY**

- *Traumatologue, chirurgien orthopédiste au C.H.U Gabriel TOURE***
- *Maitre de conférence à la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie.***

Cher maître la spontanéité par laquelle vous acceptez de présider ce jury malgré vos multiples occupations prouve votre générosité et votre modestie.

Votre simplicité et votre rigueur scientifique ont toujours été a la disposition de la jeune génération pour le grand bien de la santé.

Nous n'oublierons jamais l'atmosphère chaleureuse et conviviale de vos séances de travail.

Cher maître soyez en remercié.

**A NOTRE MAITRE ET JUGE**  
**Docteur Saïbou MAIGA**

**-Assistant en législation a la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie.**

**-Pharmacien de l'Officine du point G.**

Vous nous faites honneur en acceptant d'être parmi nos juges.

Votre générosité votre disponibilité à nos multiples sollicitations,  
votre rigueur dans la démarche scientifique et votre sens de la perfection associé  
à vos qualités humaines font de vous un maître remarquable.

Nous sommes fiers d'être un de vos élèves.

Veillez accepter l'expression de notre profonde gratitude.

**A NOTRE MAITRE ET JUGE,  
Docteur Kassoum SANOGO.**

**-Cardiologue**

**-Maître-assistant**

**-Chef de service de la cardiologie de l'Hôpital Gabriel Touré.**

Votre dévouement pour le service de cardiologie,

vos sagesse, votre générosité et votre humilité,

font de vous, un maître exemplaire.

Veillez recevoir ici le témoignage de notre respect et de notre profonde

reconnaissance.

**A NOTRE MAITRE ET DIRECTEUR DE THESE :  
Professeur Mamadou KONE**

- Professeur de Médecine, médecin du Sport, Physiologiste à la FMPOS.**
- Directeur adjoint du Centre National des Œuvres Universitaires du Mali.**
- Membre du Comité Scientifique International de la Revue Française de Médecine du sport (MEDISPORT).**
- Membre du Groupement Latin et Méditerranéen de Médecine du Sport.**
- Secrétaire Général de la Fédération Malienne de TAEKWONDO (ceinture noire 3<sup>ème</sup> dan en TAEKWONDO).**
- Président du Collège Malien de Réflexion en Médecine du Sport.**

Nous vous remercions pour l'accueil spontané et affectueux que vous nous avez accordé. Vos qualités humaines, scientifique et votre simplicité à transmettre aux autres vos connaissances font de vous un maître apprécié.

Nous sommes fiers d'être comptés parmi vos élèves et espérons être dignes de la confiance que vous avez placée en nous.

Sachez que les mots sont faibles pour qualifier votre personnalité.

Soyez assuré cher Maître de notre profonde gratitude et de notre attachement fidèle.

# **DEDICACES REMERCIEMENTS**

## **JE DÉDIE CE TRAVAIL ;**

### **AU TOUT PUISSANT**

Au nom d'ALLAH, le Clément, le Miséricordieux et Qui manifeste sa clémence. Gloire au Maître du monde, Le très haut, Lui Qui crée avec harmonie. C'est Lui qui donne et c'est Lui qui prend. Je remercie ALLAH de m'avoir permis de voir le jour et de grandir. J'implore Le tout puissant à m'aider pour la réalisation de mes vœux, car nul ne peut se passer de son aide.

**A tous mes parents**, Particulièrement a :

**Mon père** : *Mamady CAMARA* et **ma mère** : *Awa FANE*

Les mots me manquent pour vous exprimer le bonheur, la joie, la fierté et surtout la chance que j'ai de vous avoir comme parents.

Je profite de cette occasion pour vous dire merci d'avoir fait de moi ce que je suis et pardon pour toutes les souffrances que j'ai pu vous faire endurer.

Plus que des parents, vous avez su être pour mes frères et moi même, des guides, des conseillers et des confidents. Votre comportement social que louent ceux qui vous connaissent me comble de fierté.

Les mots ne suffiront jamais pour exprimer ce que vous représenter et continuer à représenter pour moi.

Vos bénédictions incessantes ont été un atout majeur au long de mes études, qu'ALLAH Le tout puissant vous garde longtemps et en bonne santé pour que vous savourer les fruits de ce travail qui est le votre.

**A mes frères et sœurs** :

Yacouba, Assetou, Makan, Salimata, Mariam, Mohamed et korotoumou FANE ma tante.



## **Mes remerciements :**

### ***A tous mes amis:***

De près ou de loin c'est l'occasion pour moi de vous réaffirmer toute mon affection en témoignage du temps passé dans la cordialité.

### ***A toute la famille Fofana de point G***

Pour son humanisme, sa générosité je ne me suis jamais senti comme un étranger dans cette famille merci infiniment.

***A mes aînés académiques :*** Dr TOURE Mahamoudou dit Pelé, feu Dr Modibo Diané, Dr Cheick O Keita, Dr Amadou Sanogo, Dr Kalifa Keita et Dr Mohamed Keita, Adama Sacko dit Dami, Aissata karambé... ; pour votre générosité à guider mes pas dans ma formation médicale et dans la réussite de cette thèse.

***A mes promotionnaires :*** Dr Ibrim T Sangaré, Yaya Diarra, Dr Mahamadou Gassama, Dr Mariam Konaté, Dr Soungalo Diop, Dr Lassana Diarra, Dr Ali Babra Boumbia, Dr Bourama Diarra, Dr Djibril Magassouba, Dr Daouda Traoré, Dr Zacharia Traoré, Dr Adama Diallo, Dr Saran Koité....

***A mes cadets académiques :*** Aliou Traoré, Namory Camara, Issa Goïta, Fémori Togola, Abrahamane Diarra, Youssouf Keita, Ousmane Coulibaly ; pour les moments de travaux et de distractions passés ensemble à la faculté et différents lieux de travaux. Les études en médecine demandent courage et intelligence, bonne chance à tous.

***A la FMAFOOT,*** particulièrement au Dr BOUARE pour l'accueil chaleureux et la bonne collaboration.

***Aux entraîneurs et aux joueurs de la ligue 1 malienne*** particulièrement

- du stade malien de Bamako

-du club olympique de Bamako

Pour leur bonne compréhension et leur collaboration

***Aux joueurs de la FMPOS***

Pour des moments intenses de difficultés et de bonheurs passés ensembles

***A tout le corps enseignant de la FMPOS***

Ce travail est le fruit des différents enseignements que nous avons reçus de vous

Profonde connaissance.

***A tous ceux*** qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Sincère remerciement

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**Pr.** : Professeur

**Dr** : Docteur

**Cm** : Centimètre

**Kg** : Kilogramme

**Fig.** : Figure

**COB** : club olympique de Bamako

**SMD** : Stade Malien de Bamako

**FMAFOOT** : Fédération Malienne de Football

**CP** : créatine phosphate

## **SOMMAIRE**

<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJECTIFS .....</b>	<b>5</b>
A-OBJECTIF GENERAL	
B-OBJECTIFS SPECIFIQUES	
<b>II GENERALITES .....</b>	<b>6</b>
1-DEFINITION DU FOOTBALL.....	7
2-HISTORIQUE	
3-REGLE DU JEU.....	13
4-BASE PHYSIOLOGIQUE.....	14
A-SOURCE D'ENERGIE	
B-PROCESSUS ANAEROBIE	
1.) PROCESSUS ANAEROBIE ALACTIQUE	
a- filière de réserve.....	15
b- filière créatine-phosphate	
2.) PROCESSUS ANAEROBIE LACTIQUE.....	16
a- glycogène	
b- acide lactique.....	18
C-PROCESSUS AEROBIE.....	19
SCHEMA.....	23
D-LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE (VO2MAX).....	24
E-EVOLUTION PHYSIOLOGIQUE DE LA VO2MAX.....	25
F-PLACE DES VITAMINES ET MINERAUX DANS LA PRATIQUE SPORTIVE.....	27
G-ADAPTATION A L'EFFORT PHYSIQUE DYNAMIQUE.....	30
1.) adaptation cardiaque	
a.)débit cardiaque	
b.)fréquence cardiaque.....	31
c.)volume cardiaque.	
2.) adaptation circulatoire	
a.)la circulation périphérique.....	32
b.)la circulation pulmonaire	
3.) adaptation ventilatoire.....	33
- second souffle	
4.) adaptation orthosympathique	
5.) adaptation endocrinienne.....	34
<b>III .METHODOLOGIE.....</b>	<b>36</b>
1.) Cadre de d'étude	
2.) Période d'étude	
3.) Type d'étude	
4.) Population d'étude	
5.) Echantillonnage	
6.) Entraînements.....	37
7.) Epreuve appliquée	
8.) Support des données	
9.) Déroulement de l'enquête.....	38
10.) Définition opérationnelle.....	40

11.) Traitement et analyse des données.....	40
12.) Aspect éthique et déontologique.....	41
<b>IV. RESULTATS.....</b>	<b>43</b>
1.) Population étudiée.....	
2.) Paramètres fonctionnels.....	46
<b>V .COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>51</b>
1. Sur la méthodologie.....	
2. Description générale.....	52
3. Paramètres fonctionnels.....	54
<b>VI .CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>61</b>
1. Conclusion.....	
2. Recommandation.....	
<b>VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>63</b>
<b>VIII. ANNEXES.....</b>	<b>67</b>

# **INTRODUCTION**

## **I- INTRODUCTION**

Nombreux sont ceux qui pratiquent une grande diversité d'activités physiques et sportives à tous niveaux. Nombreux sont ceux qui s'entraînent régulièrement en vue de compétitions dans les écoles les clubs et à tous les échelons. Quel que soit leur âge leur activité sportive ou le sérieux qu'ils mettent à s'entraîner à un moment ou un autre, tous subissent blessures ou maladies et reçoivent les conseils d'un médecin afin d'améliorer leur capacité d'entraînement ou de compétiteur.

« Selon Guillet R (1984), la possession pour un athlète d'un niveau de  $VO_2\text{max}$  suffisant est la condition nécessaire, permissive à l'expression sur le terrain des qualités techniques et tactiques. La  $VO_2\text{max}$  est en somme l'expression de la puissance globale du moteur humain ».

La capacité de travail (PWC 170) est la traduction mécanique ou expression de la puissance musculaire.

L'étude des paramètres fonctionnels à savoir la capacité de travail (PWC170) et la consommation maximum d'oxygène ( $VO_2\text{max}$ ) permettent d'évaluer ou de mesurer l'aptitude physique d'un sportif à partir de l'étude des performances physiques ou des fonctions cardio-respiratoires et musculaires.

Ainsi, au Mali le parcours du Stade Malien de Bamako (SMB) et du Club Olympique de Bamako (C.O.B) en est une belle illustration durant ces 8(huit) dernières années.

Le Stade a été champion et finaliste malheureux en 1999 – 2000 contre le COB score 0 -1.

En 2000-2001, il réalisa le doublé (coupe et championnat).

En 2001 – 2002, le champion et finaliste malheureux contre le COB score 1 – 2.

En 2002 – 2003, le Stade était champion.

En 2003 – 2004, il était deuxième du championnat.

En 2004 – 2005, le stade était champion.

En 2005 – 2006, il réalisa le doublé.

En 2006 – 2007, il était champion.

En 2007 – 2008, il est deuxième du championnat.

Sur le plan africain, le stade n'a jamais atteint les phases finales de la champion's league ni remporté la coupe de la C.A.F.

Par ailleurs, en 1999 – 2000, le COB a été vainqueur de la coupe du Mali et dixième du championnat.

En 2000 – 2001, il était septième du championnat.

En 2001 – 2002, vainqueur de la coupe et sixième du championnat.

En 2002 – 2003, huitième du championnat.

En 2003 – 2004, quatrième du championnat.

En 2004 – 2005, troisième du championnat.

En 2005 – 2006, quatrième du championnat.

En 2006 – 2007, troisième du championnat.

En 2007 – 2008, finaliste malheureux.

Sur l'échiquier international le COB n'a aucun palmarès.



Vu l'inconstance de ces résultats sur le plan national et le manque de réalisation sur l'échiquier international, nous avons trouvé nécessaire à étudier quelques paramètres pouvant être des facteurs déterminants de ces insuccès. Il s'agit de la capacité de travail et la consommation maximale d'oxygène chez les pensionnaires de ces 2 clubs au cours de la saison sportive 2007-2008.

La  $V_{O_2max}$  est l'un des critères les plus expressifs de l'endurance d'un sportif laquelle endurance est un déterminant essentiel de nombreuses performances sportives (13).

## **II- OBJECTIFS**

### **a- Objectif général**

Suivre l'évolution de quelques paramètres fonctionnels chez les footballeurs de première division pendant une saison sportive.

### **b- Objectifs spécifiques :**

- 1- Déterminer la capacité de travail (PWC170) chez les footballeurs de 1<sup>ère</sup> division
- 2- Déterminer la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2max$ ).

# **GENERALITES**

### **III- GENERALITES**

#### **1. DEFINITION :**

Le « football » est un mot d'origine anglaise. Il signifie étymologiquement en français.

Foot = Pieds

Ball = Ballon

En un mot le ballon qu'on joue avec les pieds.

#### **2. HISTORIQUE**

Le mot « football » un ancêtre du jeu moderne est apparu en Angleterre au XII<sup>ème</sup> siècle suscitant rapidement un engouement remarquable a tel point qu'il a été interdit de nombreuses reprises par des décret royaux. C'était un jeu violent dans lequel le meurtre était à priori le seul moyen d'empêcher que le ballon soit transporté à l'autre bout du village. L'histoire dit que le Roi Henry VIII y jouait fort adroitement

Déjà, il y a 4 000 ans, au Japon et en Chine, des groupes d'hommes jouaient autour d'une boule en cuir.

Les grecs et les romains, eux aussi pratiquaient des jeux de ballon où les pieds et les mains étaient autorisés. Puis au moyen âge se pratiquait la soule : 1/3 de foot, 1/3 de rugby et 1/3 de catch.

Mais, c'est réellement à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, en Angleterre qu'un nouveau sport est crée : le **FOOT BALL**.

Contrairement à certaines croyances, c'est la classe haute anglaise qui pratiquait le foot des origines. Les règles du jeu ont d'ailleurs été arrêtées par les étudiants d'écoles et d'universités prestigieuses. Ce n'est qu'à la fin XIX<sup>ème</sup> siècle que les classes ouvrières s'y sont misent.

En 1848 au Trinity collège de Cambridge, un accord entre les représentants des écoles fondatrices pour définir les règles du football, avec en particulier, le dribbling.

Un an plus tard (1849), l'usage des mains est interdit : ce nouveau football s'appelle le « dribbling Game ».

En fait le jeu se réduisait à une succession peu variée de progression individuelle d'où le nom qu'on lui attribuait : « dribbling Game ».

La première réunion de la fédération anglaise de football a eu lieu le 26 octobre 1863 à Londres dans la Freemason's Tavern, les 12 représentants de clubs et de collèges anglais se réunirent pour chercher à harmoniser les nombreux jeux de football pratiqués en Angleterre et édifier les règles du « jeu le plus simple ».

Ils créèrent la football association (F.A) qui va aboutir à la promulgation de quatorze (14) règles (inspirées de celles de Cambridge en 1848) différents du football actuel : il n'est rien dit du nombre de joueurs, ni de la durée de la partie, ni d'un quelconque arbitre et fautes, les barres transversales n'étaient pas mentionnées pour marquer, il suffisait de faire passer la balle entre les deux (2) poteaux distants de 8yards (7,32m).

Le 08

décembre 1863 le football et le rugby se séparèrent

La dite réunion ne s'est pas vraiment achevée sur un consensus entre les 12 participants. L'un des clubs a quitté la table des négociations, mécontent de l'exclusion du « hacking » (coup de pieds sous le genou) des règles originales.

Cependant c'est en 1874 que le protège tibias fut autorisé par les règles,

A l'origine il s'agissait de versions raccourcies de protections utilisées en cricket.

En 1871 soit 8ans après la fondation de la fédération anglaise celle-ci comprenait déjà 50 clubs dont le plus ancien au monde le Sheffield football club fondée en 1855.

Le premier match international de l'histoire du football opposait l'Ecosse et l'Angleterre en 1872. En effet, lors des premières rencontres internationales, on a utilisé un ruban pour délimiter la hauteur des cages avant d'instituer la transversale en 1875.

A l'époque les ballons n'étaient pas vraiment sphériques. La coutume voulait que l'on gonfle une vessie de porc qu'on l'attache aux deux extrémités et qu'on l'enveloppe de cuir, ce qui lui donnait une forme ovoïdale. C'est la découverte du caoutchouc dans les années 1860 qui a permis "d'arrondir un peu les angles", certes les ballons du football d'antan prenaient du poids dans des conditions humides mais ils étaient plus légers que ceux d'aujourd'hui.

En 1889, la balle devait peser entre 340 et 425 grammes, mais cette fourchette est passée en 1937 à 396-453g

A propos des gardiens de buts et les arbitres avant 1912, les gardiens de but pouvaient se servir de leur main dans toute leur moitié de terrain à l'intérieur comme à l'extérieur de la surface de réparation

Les fautes et les arbitres n'avaient aucune place dans les règles originales.

Il faut dire, par défaut les joueurs ne commettaient aucune faute intentionnelle,

En fait, en cette époque, l'art du débat était presque aussi important que la technique de balle au pied puisque les joueurs pouvaient contester les décisions auprès des capitaines puis des juges.

En 1891, les arbitres débarquent enfin sur le terrain.

Ce sont les feux tricolores de la rue londonienne de Kensington High Street qui ont inspiré l'utilisation des cartons jaunes et rouges.

Ken Aston, arbitre anglais devenu chef des arbitres à la FIFA, se promenait dans les centres villes et réfléchissait à un moyen d'illustrer les avertissements et les exclusions. Le feu est alors passé du vert au jaune puis du jaune au rouge, lui donnant l'idée des cartons.

Cependant avec l'essor que connut le football, attirant déjà un nombre étonnamment élevé de spectateurs, se présenta le problème que d'autres pays ne devaient rencontrer que bien plus tard : le professionnalisme.

Les premières mentions à cet égard datent déjà de 1879.

En 1885, déjà la Football Association (F.A) se vit contrainte de légaliser officiellement le professionnalisme suite à la rémunération de deux (2) joueurs écossais : John Love et Fergus Suter. Cela se produisit exactement quatre (4) ans avant la fondation des premières associations nationales de football en dehors de la Grande Bretagne : celle des Pays-Bas et de Danemark.

Après les Pays-Bas et le Danemark (1889), on vit la fondation des premières associations nationales de football suivantes : Nouvelle-Zélande (1891), Argentine (1893), le Chili, Suisse et la Belgique (1895), Italie (1898), Allemagne et Uruguay (1900), Hongrie (1901), Norvège (1902), Suède (1904), Espagne (1905), Paraguay (1906) et Finlande (1907).

Au moment où la Fédération Internationale de Football (FIFA) fut fondée à Paris en 1904, sept (7) pays y déléguèrent leurs représentants en tant que fondateurs : France, Belgique, Danemark, Pays-Bas, Espagne (représentée par le Madrid FC), Suède et Suisse.

Par la suite la communauté internationale de football se mit à croître constamment, tout en connaissant nombres obstacles et de revirement momentanés.

En 1912, déjà 21 associations nationales étaient affiliées à la FIFA en 1925 il y en avait 36 en 1930 année de la première coupe du monde 41.

Aujourd'hui, le football est le sport numéro 1 au monde : La FIFA compte plus de pays membre que l'ONU (204 pays membres et 200 millions de pratiquants dans le monde), et la coupe du monde est l'événement qui attire le plus grands nombres de télé spectateurs avec les Jeux Olympique (J.O).

Ces quelques datent montrent comment les règles des jeux qui forment le paysage juridique du football actuel ont été instaurées sur un laps de temps assez long :

- 1873 : entrée en vigueur du corner
- 1875 : le but doit mesurer 8 yards (7,32m) de large et 8 pieds (2.44m) de haut
- 1886 : présence d'un arbitre prévue
- 1891 : des filets aux buts et penalty
- 1896 : le match dure 90 minutes
- 1899 : spécification du nombre de joueurs (onze dont un gardien)
- 1899 : entrée en vigueur du penalty
- 1902 : apparition de surface de réparation
- 1913 : le gardien ne peut toucher le ballon que dans sa surface de réparation
- 1925 : modification fondamentale de la règle du hors-jeu : un joueur est hors-jeu si il n'y a pas deux joueurs plus rapprochés que lui de la ligne de but.
- 1927 : autorisation de marquer directement sur corner.
- 1937 : dernières modifications des lignes du terrain, avec l'apparition de l'arc de cercle à 10 yards du point de penalty.



- 1967 : le gardien n a plus le droit de faire rebondir le ballon et de le reprendre plusieurs fois à la main avant de dégager.
- 1992 : le gardien ne peut plus reprendre le ballon à la main sur une passe au pied d'un partenaire.
- 1997 : le gardien ne peut plus reprendre le ballon à la main sur une remise en touche d'un partenaire
- 2000 : le gardien de but a 6 secondes pour remettre en jeu le ballon.

**3. LES REGLES** : Les règles du jeu de football sont au nombre de 17 à savoir :

Loi 1 : Terrain de jeu

Loi 2 : Ballon

Loi 3 : Nombre de joueurs

Loi 4 : Equipement des joueurs

Loi 5 : Arbitre

Loi 6 : Arbitres assistants

Loi 7 : Durée du match

Loi 8 : Coup d'envoi et reprise du jeu

Loi 9 : Ballon en jeu et hors du jeu

Loi 10 : But marqué

Loi 11 : Hors-jeu

Loi 12 : Fautes et comportement antisportif

Loi 13 : Coups francs

Loi 14 : Coup de pied de réparation (penalty)

Loi 15 : Rentrée de touche

Loi 16 : Coup de pied de but

Loi 17 : Coup de pied de coin (corner)

## **4. BASE PHYSIOLOGIQUE**

### **A- Source d'énergie**

L'entraînement favorise les apports en énergie et son utilisation avec un rendement optimal pour amener l'exercice physique à un niveau supérieur.

De ce fait la contraction du muscle exige de l'A.T.P (Adénosine Triphosphate) source universelle de l'énergie.

Du fait que cet A.T.P ne peut être ni fourni par voie sanguine ni par les tissus, il doit être résynthétisé.

L'A.T.P est généré par l'oxydation des combustibles métaboliques selon trois filières dans deux (2) cadres ou processus différents à savoir : le processus anaérobie, le processus aérobie.

### **B- Processus anaérobie**

C'est une réaction qui se déroule sans utilisation d'oxygène dans le cytoplasme des cellules.

Un entraînement dit « anaérobie », représente des exercices répétés, relativement intenses (type sprint plus ou moins long !), réalisés dans le but de préparer l'organisme à mieux tolérer un effort proche du maximum.

#### **1.) Le processus anaérobie alactique**

Cette voie métabolique intervient surtout dans la période initiale de l'activité musculaire, car elle permet de fournir l'énergie beaucoup plus rapidement que le fait la glycolyse mais elle est très limitée.

### **a.) La filière de réserve**

L'organisme trouve sa première source énergétique dans l'A.T.P présent dans le muscle qui lui donne deux (2) à trois (3) secondes d'énergie.

A aucun moment, l'organisme n'emmagasine plus de 85g d'A.T.P.

Cette énergie ne fait pas appel à l'oxygène, elle est anaérobie et ne laisse aucun déchet, en plus elle possède le plus fort pouvoir explosif mais, éphémère.

### **b.) La filière créatine phosphate (C.P)**

L'organisme puise après l'épuisement de la réserve, dans la créatine phosphate (C.P) disponible dans les cellules musculaires pour obtenir une énergie durable jusqu'à approximativement la 10<sup>ème</sup> ou 15<sup>ème</sup> seconde (en fonction notamment du degré d'entraînement du sujet).

La concentration de C.P est environ de 3 à 5 fois celle de l'A.T.P. C'est pourquoi la C.P est considéré comme le recevoir de phosphate à haute énergie.

La réphosphorylation de l'A.D.P par la C.P selon la réaction suivante catalysée par la créatine phosphokinase (C.P.K) va générer l'A.T.P



Ces réserves d'énergie sont faibles mais immédiatement disponible permettant de réaliser un exercice intense bref (100m) et/ou d'assurer la transition avec les autres voies métaboliques (16)

La résynthèse des phosphagènes, l'exercice finit atteint 70% en 30 secondes, elle est terminée dans un délai de 3 à 5 minutes (9).

## **2.) Processus anaérobie lactique ou La glycolyse anaérobie**

### **lactique: glycogène et l'acide lactique**

La dégradation du glucose pour fournir de l'A.T.P s'appelle « glycolyse » (schéma 1) le délai de sa mise en route est bref mais non instantané : le taux de phospho-créatine doit diminuer suffisamment pour que la glycolyse anaérobie soit opérationnelle (16)

L'ensemble des réactions de glycolyse anaérobie est pleinement efficace entre la 30<sup>ème</sup> et la 120<sup>ème</sup> seconde, est optimal pendant 60 secondes pour disparaître vers la 180<sup>ème</sup> seconde.

Le mécanisme de la glycolyse n'est possible qu'en présence du Coenzyme NAD (cofacteur majeur des réactions d'oxydation et de réduction).

Les glucides sont les seuls aliments capables de fournir l'énergie nécessaire à la formation de l'A.T.P en anaérobie, elle représente 5 % de la quantité totale d'énergie produite par les dégradations aérobiques totales de la molécule de glucose.

**a.) Le glycogène** : est le polysaccharide synthétisé à partir du glucose lors de la glycogénèse et emmagasiné dans les tissus animaux. Il est le seul nutriment qui peut être catabolisé en anaérobiose pour synthétiser l'A.T.P ; ce substrat est de toute évidence hautement prioritaire dans le « moulin métabolique » au cours d'un exercice rigoureux.

Le glycogène augmente la teneur en potassium et donc la conduction nerveuse et la contractilité musculaire. La filière du glycogène est disponible après quelques secondes (5s), le plus souvent vers la 20<sup>ème</sup> seconde, avant que le système d'économie du glycogène n'intervienne pour progressivement l'épargner au profit des acides gras libres.

D'autre part le catabolisme du glycogène fournit des substrats indispensables à l'utilisation aérobie des glucoses et des lipides.

Ce fait est à l'origine de la formule « les lipides brûlent au feu des glucides » qui valide la proposition suivant laquelle le glycogène doit être épargné pour permettre un effort de longue durée. Une intensité de départ trop importante d'un exercice, nuit donc à sa longévité.

Au-delà d'un effort de 50 % du  $VO_2$ max pour un sujet non entraîné et 60 à 70 % pour un sujet entraîné la participation de la filière anaérobie lactique devient plus importante et croît avec l'intensité de l'effort au-delà du  $VO_2$ max. Le seuil anaérobie peut être au-delà de 90 % du  $VO_2$ max pour de très grands sportifs en endurance.

Pendant l'exercice physique, les hydrates de carbone mis en réserve sous forme de glycogène musculaire servent de source d'énergie au muscle même qui les renferme. Le glycogène stocké dans un muscle n'est utilisable que par ce muscle, il ne peut être transféré d'un muscle à l'autre.

Dans le foie, le glycogène est reconverti en glucose, puis transporté dans le sang pour satisfaire les éventuels besoins des muscles sollicités. Le mot « glycogénolyse » réfère à ce processus de conversion méthode de fourniture rapide de glucose aux muscles impliqués dans toute forme de travail. C'est l'augmentation du calcium cytoplasmique pendant la contraction musculaire qui est l'origine de la glycogénolyse

Lorsque les réserves de glycogène sont épuisées à la suite d'une restriction alimentaire ou d'un exercice physique, la synthèse du glucose à partir des composantes structurales des autres nutriments, et particulièrement les protéines, tend à augmenter. Ce processus constitue la « néoglucogenèse ».

L'insuffisance musculaire en glycogène n'a pas d'influence sur l'intensité de l'exercice mais sur la durée. Il y a cependant nécessairement une réduction de la puissance maximale en cas d'insuffisance extrême de glycogène musculaire. C'est aux intensités de travail les plus élevées qu'on a observé le plus haut taux d'épuisements de glycogène ; cependant à 30 % du  $VO_2$ max il reste une bonne quantité de glycogène, même après trois heures d'exercices.

Les hormones, spécialement l'insuline jouent un rôle important dans la régulation des réserves hépatiques et musculaires de glycogènes en contrôlant le niveau de sucre sanguin en circulation

L'insuffisance de glycogène hépatique peut entraîner des signes d'hypoglycémie alors même que le stock de glycogène musculaire n'est pas épuisé (en général dans des exercices de longue durée d'intensité modérée). 60% du glucose hépatique est destiné aux besoins du SNC dont le métabolisme ne consomme que du glucose pur.

Ainsi une personne faisant une grève de la faim, doit ingérer un minimum de glucose journalier sous peine de sombrer rapidement dans le coma. La participation du glycogène musculaire au maintien de la glycémie se fait d'une manière indirecte par le cycle de Cori : glycogène musculaire  $\longrightarrow$  acide lactique qui passe du muscle dans le sang et parvient au foie où il peut donner du glucose.

b.) **L'acide lactique** : a une concentration plasmatique de 10mg / 100ml de sang au repos la plus forte et la plus rapide concentration d'acide lactique est enregistrée après un exercice soutenu de 60 à 180 secondes.

Le taux de lactates sanguins augmente avec l'intensité du travail musculaire. Ainsi pour des sportifs qualifiés, le gain de lactate maximal se produit pour un effort supérieur à 80% du  $VO_2$ max.

Au cours d'un exercice intense, la glycolyse cesse de fonctionner lorsque 60 à 70g d'acides lactiques sont accumulés dans l'organisme le lactate produit par le muscle n'est que partiellement libéré dans le sang, ce qui réduit l'acidose. Les réactions aérobies fournissent l'énergie nécessaire à l'effort et l'acide lactique produit est soit oxydé, soit reconverti en glucose, probablement au niveau du foie et peut être des reins.

En apparence, la majeure partie de l'acide lactique est oxydée pour en libérer l'énergie.

En fait, on sait très bien que le cœur, le foie, les reins, et les muscles squelettiques utilisent l'acide lactique plasmatique comme substrat énergétique aussi bien pendant l'exercice que pendant la récupération. L'acide lactique se dégrade en acide pyruvique, produit final de la glycolyse qui entre ensuite dans le cycle de Krebs, en présence d'oxygène O<sub>2</sub> (glycolyse aérobie). Sans oxygène O<sub>2</sub> (glycolyse anaérobie), l'acide pyruvique est reconverti en l'acide lactique sans autre synthèse d'ATP (néoglucogenèse). Le cycle de CORI (l'acide lactique redevient l'acide pyruvique) n'est pas seulement un refus pour l'acide lactique mais aussi un moyen d'augmenter le glucose sanguin et le glycogène musculaire.

### **C -Processus aérobie ou glycolyse aérobie**

C'est une réaction qui se déroule avec utilisation d'oxygène dans la mitochondrie des cellules.

La glycolyse anaérobie a transformé le glucose en acide pyruvique, et l'organisme va tirer de cet acide pyruvique 95% d'énergie restant disponible par mécanisme très important appelé le « cycle de Krebs » (schema1) le cycle de Krebs assure la transformation aérobie de l'acide pyruvique des lipides et des acides amines en ATP. Cette transformation est assurée à l'intérieur des mitochondries qui tiennent le rôle de centrale énergétique

L'utilisation aérobie du glycogène produit 13 fois plus que son utilisation anaérobie soit 38 molécules d'ATP contre 3 molécules d'ATP le tout pour une molécule de glucose. La disponibilité sans limite des acides gras libre dans les réserves adipeuses, fait que la limitation de cette filière sera la consommation maximale d'O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>max). La bonne oxygénation du muscle est d'autant plus indispensable pour pouvoir utiliser les substrats lipidique les muscles vont utiliser en présence O<sub>2</sub> les cellules lipidique qu'ils contiennent et les acides gras présent dans le sang. Ces réserves sont rapidement épuisés et le muscle va faire appelle au réserve lipidique du tissu adipeux.



Les adipocytes vont donc libérer les acides gras et les glycérols par la lipolyse et le plasma va véhiculer les AGNE (acide gras non étherifié) au muscle. Les AGNE pénètrent ensuite dans le cytoplasme de la cellule et enfin dans les mitochondries sous l'action de la carnitine, les AGNE seront ensuite dégradés en acétyl-coenzyme A et pris en charge par le cycle de Krebs pour produire de l'A.T.P.

Ces substrats ne produisent pas d'énergie mais nécessitent la présence de glycogène pour être utilisés. En effet la dégradation des acides gras semble dépendre du fonctionnement continu du catabolisme du glucose (« les lipides brûlent au feu des glucides »). Il faut se rappeler que l'acétyl-COA, entre dans le cycle de Krebs en se combinant à l'acide oxaloacétique (obtenu surtout par le catabolisme des sucres) pour former l'acide critique. La dégradation des acides gras dans la mitochondrie, au cours du cycle de Krebs, se poursuit tant qu'une quantité suffisante d'acide oxaloacétique peut se combiner à l'acétyl-COA, sous produit de la bêta oxydation

La bêta oxydation ne peut se poursuivre sans oxygène pour accepter l'hydrogène (H<sup>+</sup>). Le glycérol est ré capté par le foie pour assurer la néoglucogenèse hépatique. Si les AGNE ne sont pas utilisés par le muscle, ils sont résynthésés en triglycérides dans les adipocytes.

L'acide pyruvique former au cours de métabolisme du glucose pourrait être une source importante d'acide oxaloacétique. Comme la conversion de l'acide pyruvique en acétyl-COA est irréversible, les acides ne peuvent être utilisés pour refaire le glucose.

L'insuffisance de glucose dans des situations d'endurance extrêmes produit une accumulation de fragments d'acétate, formés durant la bêta oxydation des acides gras. Si ces fragments d'acétate ne peuvent rentrer dans le cycle de Krebs, ils sont transformés en corps cétonique qui se retrouve dans l'urée et dans le sang.

Le temps nécessaire pour atteindre le maximum des réactions aérobies varie de 1mn chez le sportif entraîné à 4mn chez le sédentaire.

Le substrat lipidique est sollicité progressivement dès la 10<sup>ème</sup> seconde d'effort, la puissance maximale de la glycolyse aérobie est atteinte vers la 45<sup>ème</sup> seconde, mais utilisation ne devient intéressante qu'entre la 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> mn d'effort. L'acétyl-COA provenant des AGL entre en compétition avec celui provenant du pyruvate et réduit ainsi la consommation de glycogène. Plus l'effort va se prolonger, plus le substrat lipidique va être sollicité pour économiser le glycogène, notamment à l'épuisement du glycogène hépatique, sollicité depuis la 10<sup>ème</sup> ou 15<sup>ème</sup> mn ; au bout de 2h30 à 3h d'exercices à 70% du VO<sub>2</sub> max, les voies lipolytiques sont utilisées à leurs maximum. Arrivé à un certain stade de puissance (50% du VO<sub>2</sub> max pour un sujet non entraîné et 60 à 70 % pour un sujet entraîné) la puissance supplémentaire sollicitée par l'exercice sera assurée par la filière anaérobie lactique.

L'entraînement permet d'améliorer le temps de sollicitation des lipides et leur part énergétique de l'effort. L'organisme apprend à économiser plus rapidement le précieux glycogène en transférant la demande énergétique vers les acides gras.

La vitesse de renouvellement des AGL va de 3mn au repos 25s à l'exercice. Le métabolisme des graisses est plus important dans un muscle entraîne.

La consommation d'oxygène nécessaire à la production aérobie de l'énergie va augmenter proportionnellement à l'effort et à la production d'énergie jusqu'au stade où l'organisme ne peut plus apporter suffisamment d'O<sub>2</sub> et va devoir faire appel au mécanisme anaérobie de production d'énergie, ce qui assure près de 60s d'effort maximal disponible.

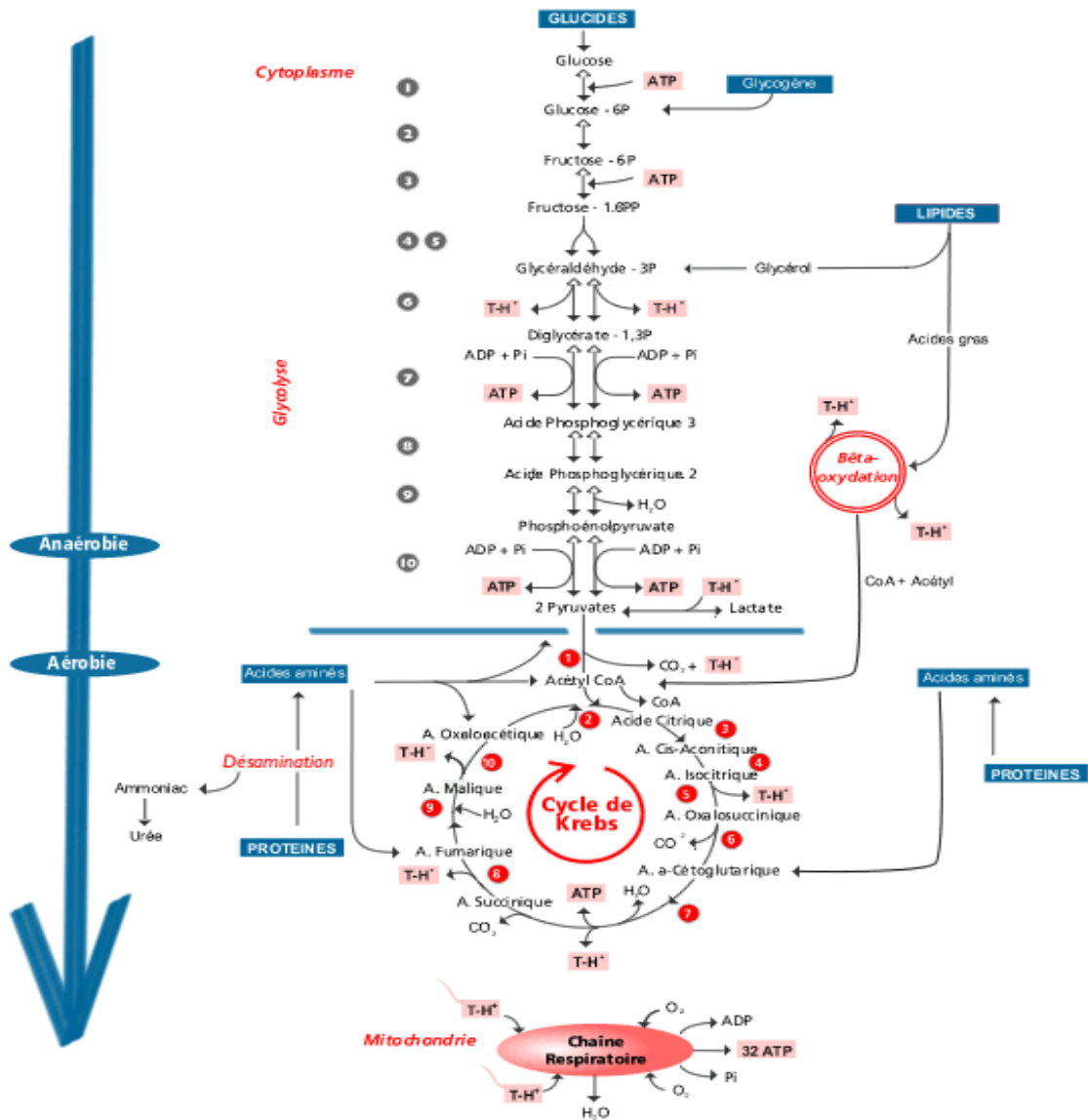
En fait lorsqu'on atteint 50 à 55 % du VO<sub>2</sub>max, les mécanismes anaérobiques commencent à dépasser les mécanismes aérobiques et à stocker de l'acide lactique, puis qu'il n'y a plus assez d'O<sub>2</sub> pour l'utiliser. L'acide lactique va être apporté aux muscles par la voie circulatoire et va installer la sensation de fatigue obligeant l'organisme à arrêter l'exercice.

En fait les ions (H<sup>+</sup>) d'hydrogènes de l'acide lactique ne trouvent plus assez d'ions O oxygènes pour se combiner en eau H<sub>2</sub>O. Les cellules vont donc arrêter de fonctionner pour stopper le mécanisme d'accumulation des ions (H<sup>+</sup>) (acidose) mortel a terme.

La perte des minéraux (magnésium, potassium, sodium, fer, calcium, zinc) et de l'eau par la sueur est également une cause d'arrêter de l'exercice par fatigue ou crampes musculaires. L'acide lactique est ensuite excrété ou resynthetisé en acide pyruvique et en énergie disponible s'il y a suffisamment d'oxygène pendant la phase de récupération.

Le débit cardiaque est le principal indicateur des possibilités aérobiques du sujet. Le débit cardiaque est le produit de la fréquence cardiaque par le volume systolique exprimé en litres par minute. Plus le débit sanguin augmente, plus la concentration d'AGL disponible et son utilisation augmente. Le métabolisme lipidique est freiné par l'acide lactique ; cependant dès que le taux de lactates à diminuer la mobilisation des AGL peut intervenir.

## Schéma (1)



## **D- La consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max) ou la capacité Maximale aérobie.**

Supposons qu'un sportif soit soumis à des efforts d'intensité croissante. La progression de l'effort se fait par paliers, pour chaque palier le sportif atteint son niveau de stabilité de la consommation d'oxygène, alors il lui est imposé un palier supérieur d'effort.

Arrivé à une certaine puissance de l'exercice, la consommation de l'oxygène n'augmente plus (ou peu), ce palier d'effort ne pourra être soutenu qu'une dizaine de minute (10 mn), puis le sportif coupera son effort par épuisement.

Ce dernier palier correspond aux possibilités maximales du sportif à transporter et à utiliser de l'oxygène : **c'est sa VO<sub>2</sub>max**

La dernière puissance d'effort atteinte correspond à la : **Puissance maximale aérobie du sportif. (PMA).**

Cette puissance maximale aérobie (PMA) ne peut être maintenue que quelque minute, en effet dès lors de son atteinte le muscle travaille en anaérobie, produit du lactate qui ne sera pas recyclé et l'acidité qui en résulte bloquera les mécanismes de la concentration musculaire. Cette VO<sub>2</sub>max est un véritable reflet des capacités du sportif à faire fonctionner son système pulmonaire et cardio-vasculaire.

Pour chiffrer la VO<sub>2</sub>max plusieurs méthodes existent.

La méthode directe réalisée dans un laboratoire.

Les méthodes indirectes = test de Cooper, test de léger et Bouchet, l'abaque Astrand.

La méthode indirecte qui nous intéresse ici est celle de Karpman et al qui détermine la capacité de travail PWC 170 à partir de laquelle nous déduisons le VO<sub>2</sub>max.

## **E- Evolution physiologique de la VO<sub>2</sub>max**

### **1.) La VO<sub>2</sub>max et Fréquence cardiaque (Fc)**

Il existe une relation linéaire entre la VO<sub>2</sub>max et la Fc. Grâce a cette relation et en s'aidant de l'abaque d'Astrand, il est possible de chiffrer cette VO<sub>2</sub>max à partir du chiffre des pulsations lorsque celle-ci atteint son plateau.

### **2.) La VO<sub>2</sub>max et l'âge :**

La VO<sub>2</sub>max augmente avec l'âge entre 18 à 20ans, en rapport avec des modifications anatomiques (exemple : les bronches deviennent plus large mobilisant aussi plus d'air ...). Après 20ans la VO<sub>2</sub>max diminue avec l'âge confirmé ici par Astrand : **Fc = 220 – âge (années)**

La Fc démunie avec l'âge et par conséquent dans les conditions normales la VO<sub>2</sub>max diminue également avec l'âge.

### **3.) La VO<sub>2</sub>max et le poids :**

La VO<sub>2</sub>max diminue automatiquement en cas de surcharge graisseuse d'où « l'art de trouver son poids de forme ».

### **4.) La VO<sub>2</sub>max et les gènes :**

« Si l'on est tous égaux en droit, on ne naît pas tous égaux en fait ». Certains posséderont plus d'alvéoles pulmonaires aptes à capter l'O<sub>2</sub>. Ce qui signifie une grosse capacité à diffuser cet O<sub>2</sub> à travers la paroi capillaire. D'autres présenteront une importante capacité à éliminer l'excès de chaleur produite par la contraction musculaire ou thermolyse. Par ailleurs on peut avoir des individus qui ont un faible débit cardiaque. Ces éléments font que pour une même quantité d'entraînement un footballeur possédera un métabolisme plus efficace qu'un autre et aura donc un potentiel de VO<sub>2</sub>max accru.

### **5.) La VO<sub>2</sub>max et l'entraînement dans le temps :**

Le footing est essentiel à la préparation des footballeurs. Pour améliorer sa VO<sub>2</sub>max le sportif devra travailler le plus proche possible de son niveau de VO<sub>2</sub>max, ce qui correspond à l'apparition de l'essoufflement. De là l'intérêt d'évaluer cette VO<sub>2</sub>max du moins chez les sportifs de haut niveau, afin de les faire encore progresser. « La VO<sub>2</sub>max semble être un paramètre stable, mais elle peut être améliorée par l'entraînement dans des proportions notables même chez les sportifs de haut niveaux. »(3)

### **6.) La VO<sub>2</sub>max et Hygiène de Vie :**

« Stop la clope » les fumeurs voient outre leur espérance de vie, leur VO<sub>2</sub>max diminuée, par une destruction notable des alvéoles pulmonaires.

### **7.) La VO<sub>2</sub>max selon la spécificité du sport pratiqué :**

**Par exemple :**

- La VO<sub>2</sub>max d'un sujet de 18ans sédentaire est de 3l/mn (2,4l/mn chez la femme).
- La VO<sub>2</sub>max d'un footballeur est de 4,5l/mn en moyenne.
- La VO<sub>2</sub>max d'un marathonien peut atteindre 6l/mn en moyenne.

### **8.) La VO<sub>2</sub>max et Dopage :**

Le dopage paye sans effort puis on le paiera bien fort par exemple : Erythropoïétine (EPO) ; l'électrostimulation ; bêtabloquants.

## **F- Place des vitamines et minéraux dans la pratique sportive**

Les vitamines et les minéraux sont indispensables à l'équilibre nutritionnel de notre organisme. Les principales substances minérales sont :

### **1.) Le Calcium (Ca) :**

L'expérience de ces dernières années montre que les relations entre le calcium et le sport sont complexes. « La bonne santé » du tissu osseux dépend des facteurs externes maîtrisables (apport en calcium, en vitamine D, exercice) et des facteurs internes (hormonaux...) moins contrôlables. Dans un bon nombre de cas, il est rapporté que l'exercice physique de type aérobie provoque une augmentation de la densité minérale de l'os. A l'inverse, le surentrainement en endurance peut être à l'origine d'une diminution de la densité osseuse pouvant induire dans certains cas des fractures de « fatigué » (16). Le calcium intervient dans les activités musculaire et nerveuse, formation des os et des dents. Son déficit provoque tétanie, problèmes d'excitabilité neuromusculaire qui pourrait nuire à la performance. Les principales sources sont les produits laitiers, fromages pain.

### **2.) Magnésium (Mg) :**

En aérobie le Mg permet l'utilisation du glycogène au niveau cellulaire et est nécessaire à la synthèse ainsi qu'à l'utilisation des composés à « liaisons riches en énergie. Les travaux d'OLha et Coll. (18), montre chez l'homme qu'un exercice physique de longue durée produisait une chute de Mg plasmatique. Une étude réalisée par Keen et Coll. (22), a mis en évidence une diminution de la capacité d'endurance consécutive à une carence sévère en Mg (pertes accrue par la sueur). En anaérobie, l'exercice intense et de courte durée entraîne une hypermagnésémie par acidose et libération musculaire.



### **3.) Fer (Fe) :**

Le fer est un composé essentiel notamment de l'hémoglobine (Hb) qui est responsable du transport de l'oxygène aux tissus.

- Pour Magnusson et Coll. (5). Il y aurait chez l'athlète entraîné en endurance un accroissement de la délivrance de l'oxygène aux tissus. Cette de saturation est d'autant plus grande que la consommation maximale d'oxygène est élevée.
- L'accumulation d'efforts intensifs rapprochés (en anaérobie lactique) est responsable d'intenses décharges d'adrénaline et de sa présence prolongée dans l'organisme, constitue une situation qui favorise la chute du taux d'hématies et induit des anémies ferriprives d'après Schoene et Coll. (19).

### **4.) La vitamine B<sub>1</sub> (ou thiamine).**

Elle intervient, dans le métabolisme glucidique, comme coenzyme dans la décarboxylation oxydative du pyruvate en acétyl COA, qui rentre dans le cycle de Krebs pour participer à la synthèse de l'ATP. La vitamine B<sub>1</sub> a donc un rôle important dans le métabolisme aérobie. En effet, un déficit en vitamine B<sub>1</sub> pourrait entraîner une diminution de production d'acétyl COA et donc d'ATP. Elle intervient également dans la fabrication du succinyl COA, un composant de l'hémoglobine : un déficit en vitamine B<sub>1</sub> est susceptible de diminuer le transport de l'oxygène et limiterait ainsi la performance dans les activités d'endurance.

### **5.) La Vitamine B<sub>6</sub> (ou pyridoxine).**

Elle intervient dans le métabolisme des glucides en favorisant la néoglucogénèse, dans le métabolisme des lipides en permettant la transformation et l'utilisation des acides gras essentiels, et c'est principalement dans le métabolisme des protéides que son rôle est primordial.

## **6.) La Vitamine C**

Elle est un antioxydant pouvant intervenir sur la réduction des radicaux libres (responsables de la destruction et du vieillissement des cellules) produits par les composés d'oxyde surperoxydes intracellulaires résultant de l'exercice physique. Elle augmente également l'absorption du fer au niveau intestinal.

## **7.) La Vitamine B8 (ou biotine)**

Elle ne voit pas ses besoins d'accroître en réponse à l'exercice physique. Elle intervient comme coenzyme dans de nombreuses réactions, dont une, très importante, qui permet la néoglucogénèse.

## **G-Adaptation à l'effort physique dynamique**

Aux cours d'un effort physique dynamique à pratique régulier les variations des paramètres cardio-vasculaires, osteo-articulaires respiratoires et endocriniens contrôlés par le système nerveux, permettent entre autre de satisfaire l'augmentation de la consommation en dioxygène (O<sub>2</sub>) des muscles.

### **1.) Adaptation cardiaque :**

Le cœur pour mieux perfuser les muscles sollicités, acquiert des caractéristiques nouvelles qui correspond au cœur « sportif » : augmentation du volume; accroissement de la force de contraction, ralentissement du rythme.

Ce cœur « sportif » se forme en 6 à 8 mois d'entraînement. Mais il n'ya rien là de définitif, autrement dit l'arrêt de l'entraînement se traduit immédiatement par une régression de ces caractéristiques.

#### **a.) Débit cardiaque (Dc) :**

Le débit cardiaque est le volume de sang éjecté par chaque ventricule pendant une minute.

$$\mathbf{Dc = Fc \times VES}$$

Le fait essentiel est l'augmentation linéaire du Dc avec l'effort grâce à l'augmentation de Fc et VES. Ce phénomène est enregistré presque à 50% des capacités physiques.

De 4 à 6 litres par minutes au repos chez un sujet non entraîné ce Dc peut être multiplié par 8 (huit) chez un sportif très entraîné.

C'est en augmentant le rythme cardiaque que le sédentaire augmente son DC. Mais le sportif augmente son Dc par les 2 (deux) procédés : l'augmentation du rythme et l'augmentation de l'ondée systolique. Le Dc indique les possibilités aérobiques du sportif et est étroitement lié à la notion de VO<sub>2</sub>max.

### **b.) La Fréquence cardiaque (Fc) :**

La FC est le nombre de battement par minute du cœur. Le développement d'une accélération cardiaque, d'une tachycardie à l'effort, est certes au porté de tous les cœurs. Au delà de 50% du VO<sub>2</sub>max seule l'augmentation de la FC assure l'accroissement du Dc jusqu'à 20% du VO<sub>2</sub>max ou elle se ralentie de même elle augmente moins vite que l'intensité de l'effort, au seuil anaérobie.

Au cours des efforts d'endurance (aérobie), la tachycardie possible ne peut pas dépasser certaines limites, grossièrement définies ainsi par Astrand = 220bts – âge du sujets.

### **c.) Volume cardiaque :**

L'augmentation du volume cardiaque tient à deux faits. Le premier est l'augmentation des cavités cardiaques qui serait du aux efforts d'endurances. Le second est l'augmentation de la musculature cardiaque qui serait du aux efforts de résistances. Le cœur « sportif » est gros, lent et aux contractions vigoureuses » Les cœurs sportif est un cœur qui a augmenté de volume dans toutes ses proportions et non pas de façon compensatoire, en raison d'une quelconque pathologie. Le cœur sportif est performant surtout ses aspects, et peut lorsque l'entraînement diminue revenir a ses dimensions originales sans qu'il y'ait de conséquences néfastes pour son fonctionnement (3) »

## **2.) Adaptation circulatoire :**

Les activités physiques retentissent étroitement sur la circulation sanguine. A l'étape circulatoire la VO<sub>2</sub> est définie par l'équation de FICK.

$$VO_2 = Dc (CaO_2 - CvO_2)$$

Dc = débit cardiaque

CaO<sub>2</sub> = contenu artériel en oxygène

CvO<sub>2</sub> = contenu veineux en oxygène

### **a.) La circulation périphérique :**

Le 1<sup>er</sup> phénomène enregistré est la vasodilatation des vaisseaux des muscles qui travaillent. Traduit par l'ouverture des sphincters pré-capillaires dont seulement 1 sur 30 à 40 est ouvert au repos. Les capillaires multiplient par cent (100) la surface de diffusion en se dilatant à l'effort. Au cours d'un effort rigoureux, il peut y avoir plus de 4000 capillaires ouverts par millimètre carré (mm<sup>2</sup>) de tissus musculaires.

Cette vasodilatation est induite, localement, par les produits de dégradation issus de la contraction musculaire, et en particulier par l'acide carbonique. Mais, passant dans la circulation générale, ces mêmes produits vont exciter le centre vasoconstricteur situé au niveau du bulbe rachidien et entraîner des phénomènes de vasoconstriction dans la plus part des autres territoires. Ainsi sont réalisés des **balancements circulatoires** : la circulation se trouve réduite dans tous le territoire splanchnique (tube digestif ; reins ; foie ....) et l'augmentation du Dc est ainsi dérivée vers les territoires qui travaillent.

Cette perfusion exceptionnelle imposée par l'effort permettra aux muscles sollicités d'être alimentés suffisamment en dioxygène (O<sub>2</sub>) et drainer les déchets de leurs travaux. Cette redistribution sanguine se fait après 3 à 4 mn (minutes) d'effort expliquant la nécessité d'un échauffement bien mené au préalable. De cette adaptation, l'organisme du sportif prend l'habitude.

### **b.) La circulation pulmonaire :**

Elle se développe au cours de l'effort. Il faut que les 20–30 litres du Dc traversent en une minute (1mn) les poumons pour y subir l'hématose. Ceci est rendu possible par l'ouverture de capillaires pulmonaire habituellement fermés, dans les zones alvéolaires qui ne se déplissent pas lors d'une ventilation de repos.

### **3.) Adaptation ventilatoire :**

A l'effort, l'augmentation de la ventilation ouvre largement les alvéoles pulmonaires, l'ensemble des capillaires pulmonaires devenant fonctionnels, le sportif prend ainsi l'habitude d'un mode respiratoire plus ample, faisant appel à une plus grande partie de la surface pulmonaire. Chez les sportifs très entraînés, la surface d'hématose peut aller jusqu'à environ 100m<sup>2</sup> (mètre carrée). « L'appareil respiratoire met à la disposition du système cardio-vasculaire l'oxygène indispensable aux muscles, grâce à l'augmentation de son débit au cours de l'effort. Le débit respiratoire est le volume d'air expiré en 1 minute ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) il varie de 5 – 7  $l \cdot \text{min}^{-1}$  au repos à 200  $l \cdot \text{min}^{-1}$  à l'effort »

#### **a.) Second souffle :**

Le second souffle (disparition de la difficulté à l'effort) est le stade d'adaptation ventilatoire à l'exercice et celui de l'adaptation cardio-vasculaire des résistances périphériques, il diminue les besoins en O<sub>2</sub> du myocarde par diminution de la charge de travail.

### **4.) Adaptation orthosympathique :**

L'activité sympathique augmente lors de l'effort. Un effort 30% du VO<sub>2</sub>max suffit pour que l'organisme passe sous la commande majeure du système sympathique et de ses médiateurs chimiques. D'abord la noradrénaline puis l'adrénaline entraînant ainsi une vasodilatation locale, une accélération du rythme et de la puissance cardiaque, une augmentation du retour veineux, par vasoconstriction des veines assurant le retour veineux, une baisse des résistances vasculaires systémiques. Ces médiateurs sont sécrétés par des fibres sympathiques et par la médullo-surrénale.

L'effort intense, par le système sympathique, augmente la production de granulocyte (système de défense non spécifique).

Le système pneumogastrique, antagoniste du sympathique ne se met pas au repos. Il joue continuellement un rôle de frein afin d'éviter, notamment les emballements cardiaque. Lorsque survient le repos le pneumogastrique prédomine avec une force qu'il n'a pas chez les sujets sédentaires. Ainsi s'explique la bradycardie du sportif et aussi certains troubles de l'excitabilité et de conduction cardiaque.

### **5.) Adaptation endocrinienne :**

Les activités physiques mettent en jeu l'ensemble des glandes endocrines. Comme un stress, les efforts physiques excitent l'hypophyse qui va exciter à son tour les autres glandes endocrines. Au 1<sup>er</sup> rang figure la surrénale. Par sa partie médullaire, elle secret l'adrénaline. Par sa partie corticale, elle secrète 3 (trois) types d'hormones :

- les minéralo-corticoïdes qui règlent, les métabolismes de l'eau et les mouvements de va et vient du  $\text{Na}^+$  ;
- les glyco-corticoïdes, dont le chef de file est le cortisol qui, entre autres actions, permet la néo-glycogénèse ;
- les stéroïdes surrénaliens qui sont des hormones anabolisantes permettant la reconstruction et le maintien du capital protidique.

Au 2eme rang se présente la testostérone et di-hydro-testostérone produite par les testicules jouent leur rôle dans l'effort sportif prolongé comme dans l'entraînement. Mais contrairement à la surrénale, le testicule n'est pas capable de poursuivre son effort de jour en jour. Au même titre que les stéroïdes surrénaliens, la testostérone et la dihydro-testostérone protègent la fibre musculaire contre l'action du cortisol. De plus, ces hormones androgéniques jouent un rôle dans l'esprit de combativité voire d'agressivité.

# **METHODOLOGIE**



### **III- METHODOLOGIE**

#### **1. CADRE D'ETUDE**

Notre étude s'est déroulée entièrement à Bamako les sportifs étaient suivis sur leurs lieux d'entraînement, à Sotuba pour le S.M.B et à Hamdalaye pour le C.O.B.

#### **2. PERIODE D'ETUDE**

Notre étude avait couvert une saison sportive, sur une période de dix mois, de Décembre 2007 à Octobre 2008.

#### **3. TYPE D'ETUDE**

Il s'agissait d'une étude prospective concernant le football.

#### **4. POPULATION D'ETUDE**

Les joueurs de football des deux clubs sélectionnés avaient constitué la population étudiée.

#### **5. ECHANTILLONAGE**

Nous avons procédé par choix orienté vers deux (2) clubs à savoir le Stade Malien de Bamako, le Club Olympique de Bamako évoluant tous en 1<sup>ère</sup> division Malienne.

##### **a.) CRITERES D'INCLUSION**

Etaient inclus dans notre étude les joueurs :

- volontaires réguliers aux entraînements,
- titulaires d'une licence en cours de validité,
- ayant joués au moins 15 matchs sur 26, de la saison sportive et

-qui ne présentaient aucune affection au terme d'un examen clinique classique (interrogatoire, inspection, palpation, auscultation)

### **b.) CRITERES DE NON INCLUSION**

N'étaient pas inclus dans notre étude les joueurs :

- non licenciés,
- non volontaires,
- irréguliers aux entraînements,
- n'ayant pas joués plus de 12 matchs sur 26, de la saison sportive et
- qui présentaient une affection au terme d'un examen clinique classique

### **6. ENTRAINEMENTS**

Les joueurs s'entraînaient du lundi au vendredi de 16heures à 18heures 30minutes soit 2heures 30minutes par jour.

### **7. EPREUVE APPLIQUES (TEST)**

Le PWC 170 (capacité de travail) était le test appliqué en début (Décembre 2007), au milieu (Mai 2008) et en fin (Octobre 2008) de la saison sportive.

### **8. SUPPORTS DES DONNEES**

Nos données étaient récoltées sur des fiches d'enquêtes individuelles à partir des éléments suivants :

- Interrogatoire des sportifs ;
- Un pèse-homme pour mesurer le poids ;
- Un mètre ruban pour mesurer la taille ;
- Un rythmostat pour mesurer la fréquence cardiaque ;
- Un chronomètre électronique pour mesurer les temps de parcours.

## **9. DEROULEMENT DE L'ENQUETE.**

### **9.1. Elaboration de la fiche**

Les fiches d'enquête ont été élaborées par l'étudiant et corrigées par le directeur de thèse.

### **9.2. Demandes d'autorisation.**

Les demandes d'autorisation écrites ont été adressées aux dirigeants des clubs concernés, via la commission médicale de la fédération malienne de football (FMATOOT) par l'étudiant sous le couvert du directeur de thèse avant le début de l'étude.

### **9.3. Collecte des données :**

Les tests de détermination de la capacité de travail par la méthode du PWC 170, se sont déroulés aux mois de Décembre 2007, Mai 2008, et Octobre 2008. Ils ont été réalisés sur la piste d'athlétisme du Stade omnisport Modibo Keita de Bamako.

Les sportifs retenus par l'étude ont été soumis à une épreuve en deux temps. Elle consistait à faire courir aux joueurs deux distances différentes avec un temps de repos intermédiaire. Le premier parcours concernait une distance de 800m (2 tours de la piste d'athlétisme) ; et le second parcours concernait une distance de 1200m (3 tours de la piste d'athlétisme).

Les joueurs avaient un temps de repos de 5 minutes entre les deux parcours. La fréquence cardiaque (en battements par minute) était mesurée au repos et dans les 10 premières secondes suivant l'arrivée au terme des parcours.

Ainsi on obtenait :

- $F_0$  = fréquence cardiaque au repos ;
- $F_1$  = fréquence cardiaque après le premier parcours ;
- $F_2$  = fréquence cardiaque près le second parcours.

Les vitesses  $V_1$  et  $V_2$  des deux parcours étaient calculées selon la formule  $V=S/T$

ou :

- $V$  = Vitesse de parcours (m/s)
- $S$  = la distance parcourue (m)
- $T$  = le temps mis sur le parcours donné (s)

Les données ainsi obtenues ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ) nous ont permis de calculer le PWC 170 en mètre par secondes (m/s) selon la formule de Karpman et al (11) :

**PWC 170 (V) =  $V_1 + (V_2 - V_1) \cdot 170 - F_1 / F_2$**  dans laquelle :

- $V$  = Vitesse en m/s
- $V_1$  = Vitesse sur 800m
- $V_2$  = Vitesse sur 1200m
- $F_1$  = Fréquence cardiaque après le premier parcours
- $F_2$  = Fréquence cardiaque après le deuxièmes parcours.

De cette formule de Karpman (11) nous avons pu déduire :

- Le PWC 170 en kgm/mn par calcul mathématique (nous avons adopté un coefficient de valeur  $k = 325$ ) ;
- La  $VO_2$ max est également déduite de la formule de Karpman selon la méthode :  **$VO_2\text{max.} = 1,7 \times \text{PWC 170} + 140(\text{I/mn})$**
- Ce paramètre de  $VO_2$ max (I/mn) rapporté au poids corporel était converti en millilitre (ml) ce qui nous donnait : la  **$VO_2\text{max} (\text{ml/kg/mn})$** .

- Les autres paramètres fonctionnels cardiaques (QS, HV,) ont été également déduits de la formule de Karpman par calcul mathématique.

$$QS \text{ (ml)} = 49.1 + (0.076 * PWC170)$$

$$HV \text{ (ml)} = 17.5 + (0.035 * PWC170)$$

Pour apprécier la masse corporelle de nos sportifs nous avons utilisé l'indice de Quételet qui est calculé selon la formule suivante :

$$IQ = \text{Poids (Kg)} / \text{Taille}^2 \text{ (m)}$$

#### **10. DEFINITIONS OPERATIONNELLES :**

- **VO<sub>2</sub>max** = consommation maximale d'oxygène
- **PWC 170** = capacité de travail
- **QS**= volume d'éjection systolique
- **HV** = volume cardiaque
- **IQ ou BMI** = indice de Quételet ou body masse index ; c'est l'Index de masse corporelle
- **Fc**= fréquence cardiaque
- **Btts/mn**= battements cardiaque par minute
  - Les sans emploi : il s'agit des joueurs qui ne font aucun travail, mais qui se considèrent comme professionnel de leur discipline bien que n'ayant pas ce statut.

#### **11. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNES.**

Nos résultats ont été saisis et analysés sur **SPSS 11.0**.

Les textes et les tableaux ont été traités sur **Microsoft Word 2007**.

Le test statistique utilisé a été le **T-TEST**.

La valeur de **P<0,05** a été considérée comme significative.

## **12. ASPECTS ETHIQUES ET DEONTOLOGIQUES.**

Les dirigeants et sportifs des clubs ont été informés de l'intérêt et de l'objectif de l'étude.

Le consentement éclairé de chaque joueur a été obligatoire avant le début de l'enquête.

La confidentialité des résultats a été garantie.

Chaque fois qu'une pathologie était décelée chez un sportif, celui-ci était orienté vers un spécialiste ou était pris en charge par nos soins.

# **RESULTATS**

## **IV. RESULTATS**

### **1.) Population étudiée**

#### **1.1 L'âge :**

#### **1.2 Tableau 1 :** Répartition de l'échantillon selon l'âge.

Age (année)	Echantillon
Minimum	16
Moyenne	24.06
Maximum	32

L'âge moyen de notre échantillon était 24.06 ans avec des extrêmes de 16 et 32 ans.

#### **Tableau 2 :** Répartition de l'échantillon selon les tranches d'âge.

Tranches d'âge	Effectifs	%
[16-20[	4	8%
] 20-24[	19	38%
] 24-28[	21	42%
] 28-32]	6	12%
Total	50	100%

Les footballeurs de la tranche d'âge de 24 à 28 ans étaient les plus représentés soit 42% de la population totale.



## **1.2 Paramètres Anthropométriques**

**Tableau 3 :** Paramètres anthropométriques moyens de l'échantillon.

Paramètres	Echantillon
Poids (kg)	68,46
Taille (m)	1,72
IQ (kg/m <sup>2</sup> )	23,14

L'échantillon général présentait un poids moyen de 68,46 kg, une taille moyenne de 1,72m avec une masse corporelle de 23,14 kg/m<sup>2</sup>.

## **1.3 Niveau d'instruction**

**Tableau 4 :** Répartition de l'échantillon selon le niveau d'instruction.

Niveau	Effectifs	%
Primaire	14	28%
Secondaire	24	48%
Supérieur	12	24%
Total	50	100%

Les footballeurs ayant un niveau d'instruction secondaire étaient les plus représentés soit 48% (N=50).

## **1.4 Statut matrimonial :**

**Tableau 5 :** Répartition de l'échantillon selon le statut matrimonial.

Statut	Effectifs	%
Célibataires sans enfants	28	56%
Célibataires avec enfants	14	28%
Mariés sans enfants	4	8%
Mariés avec enfants	4	8%
Total	50	100%

Les célibataires sans enfants étaient les plus représentés dans notre échantillon soit 56% (N=50).

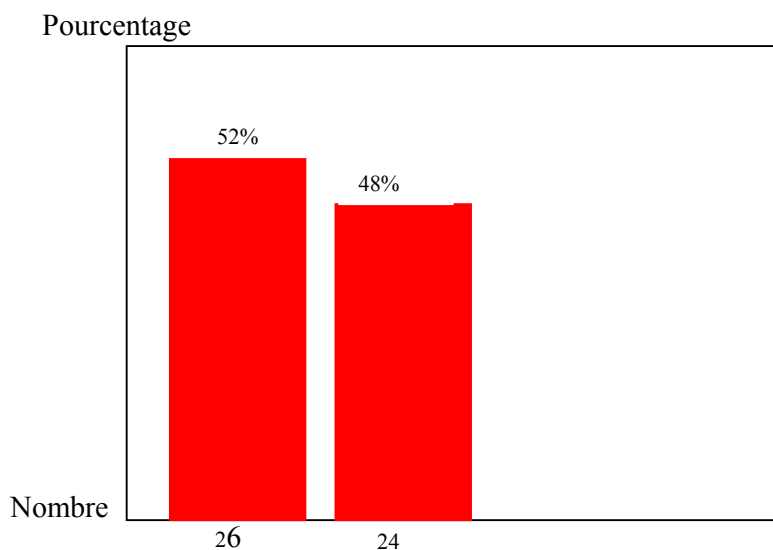
## **1.5 Principale activité :**

**Tableau 6** : Répartition de l'échantillon selon leur principale activité.

Principales activités	Effectifs	%
Fonctionnaires	6	12%
Ouvriers	15	30%
● Sans emploi	29	58%
Total	50	100%

Les sans emploi étaient les plus représentés dans notre échantillon soit 58% de la population totale.

**Graphe1** : Répartition de l'échantillon selon la consommation de tabac



Notre échantillon présentait 52% de non fumeurs. (N=50)

## **2.) Paramètres fonctionnels**

### **2.1 Fréquence cardiaque**

**Tableau 7** : Fréquences cardiaques moyennes de l'échantillon en début de saison.

Fc	Moyenne	Ecart type
F <sub>0</sub>	70,12	5,616
F <sub>1</sub>	177,78	10,110
F <sub>2</sub>	194,52	7,944

La fréquence cardiaque moyenne de l'échantillon en début de saison au parcours 800m était 177,78bttts/min et 194,52bttts/min au parcours de 1200m.

**Tableau 8** : Fréquences cardiaques moyennes de l'échantillon en milieu de saison.

Fc	Moyenne	Ecart type
F <sub>0</sub>	72,12	4,818
F <sub>1</sub>	177,36	4.557
F <sub>2</sub>	196,06	5.129

La fréquence cardiaque moyenne de l'échantillon en milieu de saison au parcours de 800m était 177,36bttts/min, au parcours de 1200m 196,06btttsmin.

**Tableau 9** : Fréquences cardiaques moyennes de l'échantillon en fin de saison.

Fc	Moyenne	Ecart type
F <sub>0</sub>	67,74	4,767
F <sub>1</sub>	182,24	6,323
F <sub>2</sub>	197,86	4,513

La fréquence cardiaque moyenne de l'échantillon en fin de saison au parcours de 800m était 182,24bttts/min, au parcours 1200m de 197,86bttts/min.

## **2.2 PWC 170**

**Tableau 10** : Capacité moyenne de travail de l'échantillon en début de saison.

PWC 170	Moyenne	Ecart type
m/s	2,88	0,682
Kgm/min	936,03250	221,729969

La capacité moyenne de travail de l'échantillon en début de saison était 936,03250kgm/min.

**Tableau 11** : Capacité moyenne de travail de l'échantillon en milieu de saison.

PWC 170	Moyenne	Ecart type
m/s	2,70	0,331
Kgm/min	876.59	107.654

La capacité moyenne de travail de l'échantillon en milieu de saison était 876,59kgm/min.

**Tableau 12** : Capacité moyenne de travail de l'échantillon en fin de saison.

PWC 170	Moyenne	Ecart type
m/s	2,62	0,619
Kgm/min	852,2800	201,14405

La capacité moyenne de travail de l'échantillon en fin de saison était 852,2800kgm/min.

### **2.3 VO<sub>2</sub>max**

**Tableau 13** : Consommation maximale d'oxygène moyenne de l'échantillon en début de saison.

VO <sub>2</sub> max	Moyenne	Ecart type
l/min	2,919	0,649
ml/kg/min	43,083	10,732

La consommation maximale d'oxygène moyenne de l'échantillon en début de saison était 43,083ml/kg/min.

**Tableau 14** : Consommation maximale d'oxygène moyenne de l'échantillon en milieu de saison.

VO <sub>2</sub> max	Moyenne	Ecart type
l/min	2,55	0,368
ml/kg/min	37,6	7,258

La consommation maximale d'oxygène moyenne de l'échantillon en milieu de saison était 37,6ml/kg/min.

**Tableau 15** : Consommation maximale d'oxygène moyenne de l'échantillon en fin de saison.

VO <sub>2</sub> max	Moyenne	Ecart type
l/min	2,86	0,646
ml/kg/min	42,234	11,17

La consommation maximale d'oxygène moyenne de l'échantillon en fin de saison était 42,234ml/kg/min.

## **2.4 Paramètres fonctionnels cardiaques (Qs, HV, HV/P)**

**Tableau 16** : Paramètres fonctionnels cardiaques moyens de l'échantillon en début de saison.

Paramètres	Moyenne	Ecart type
Qs (ml)	121,855	5,32708
HV (ml)	662,381	10,5900

Le volume d'éjection systolique moyen de l'échantillon en début de saison était de 121,855ml avec un volume cardiaque moyen de 662,381ml.

**Tableau 17** : Paramètres fonctionnels cardiaques moyens de l'échantillon en milieu de saison.

Paramètres	Moyenne	Ecart type
Qs (ml)	118.900	4.7643
HV (ml)	616,972	6,4346

Le volume d'éjection systolique moyen en milieu de saison de l'échantillon était de 118,9ml avec un volume cardiaque moyen de 616,972ml.

**Tableau 18** : Paramètres fonctionnels cardiaques moyens de l'échantillon en fin de saison.

Paramètres	Moyenne	Ecart type
Qs (ml)	117,55	4,767
HV (ml)	597.49	13.398

Le volume d'éjection systolique moyen de l'échantillon en fin de saison était 117,55ml avec un volume cardiaque moyen de 597,49ml.

# COMMENTAIRES

ET

# DISCUSSION

## **V. Commentaires et discussions**

### **1. Sur la méthodologie**

Dans notre étude, nous avons choisi de mesurer la  $VO_2$ max et les différents paramètres physiologiques qui le sous-tendent à partir du test PWC170, ce test bien que classique conserve toute sa valeur dans notre contexte de pays ‘‘ Pauvre ‘‘ ; car :

- Selon Giudicelli (8) la détermination directe de la  $VO_2$ max ne peut constituer une technique applicable à la masse. Test exhaustif qui amène le sujet au maximum de ses possibilités et donc dangereux pour des sujets peu entraînés ; également la nécessité d’un matériel élaboré interdit son emploi courant. Aussi faut-il rechercher des tests simples, fiable, sans danger, applicables à la masse pour la sélection, la catégorisation, l’orientation ainsi que le suivi de l’aptitude medico-physiologique des sportifs. C’est l’intérêt de la mesure indirecte de la  $VO_2$ max comme c’est le cas dans notre étude qui repose sur la relation existant entre la Fc et la puissance de l’effort.

Dans la réalisation de cette étude nous avons été confrontés aux problèmes suivants :

- Manque de moyens financiers (aucune subvention)
- La non disponibilité de documentations suffisantes en rapport avec notre thème d’étude ;
  - La difficulté dans le suivi à la fois de toutes les équipes en raison de la dispersion des terrains d’entraînement ;
  - La difficulté de faire voir l’intérêt médical de notre étude auprès de certains dirigeants des clubs.

Pour la réalisation des tests nous avons choisi une saison sportive à savoir : en début de saison (Décembre), à la mi-saison (Mai) et en fin de saison (Octobre). Nous avons estimé que cela nous permettra de mieux apprécier les variations du potentiel physiologique de nos sportifs au cours d’une saison sportive.



## **2. Description Générale:**

Notre échantillon était constitué de sujets jeunes d'une moyenne d'âge de 24,06ans. Ils bénéficiaient d'une expérience de pratique sportive de  $7,32 \pm 3,133$  ans. Donc n'ayant débuté les compétitions qu'à 18ans, ils ont l'expérience requise pour prétendre à de bons résultats au niveau africain. Cela nous semble être un âge tardif pour acquérir un niveau physique, technique et même tactique élever pour les compétitions internationales.

La période entre 18 et 25 ans est la plus décisive pour les performances en Afrique ; les compétitions sont les plus couramment organisées pour cette tranche d'âge (21).

Nous notons que les âges de nos sportifs étaient réels. Ils étaient différents des âges inscrits sur les licences avec lesquelles les joueurs évoluent dans leurs clubs ; les âges sont réduits sur les licences. C'est donc là une fraude hautement préjudiciable à notre sport de haute performance.

Ceci n'est également pas un bon espoir ; car ces joueurs sont vieillissants du point de vue sportif quant ils ont atteint la maturité sportive qui serait en moyenne de sept (7) années de pratique sportive et compétitive. Selon Nabatinkova (1982) les sportifs atteignent leurs meilleurs résultats entre :

-17 et 20 ans chez les garçons et

-16 et 18 ans chez les filles. (15)

Notre population était constituée pour la plus part de sans emploi (58%), d'ouvriers (30%) et de fonctionnaires (12%). Ces sportifs sans emploi qui se considèrent comme professionnels de leur discipline ne sont ni rémunérés comme tels ne s'entraînent également pas comme tels puis qu'ils n'ont pas plus de 2heures 30 minutes par jour. Un sportif professionnel s'entraînerait en moyenne 4 à 6 heures par jour. " Monica Seles (joueuse de tennis de renommée mondial) déclarait le jeudi 10/06/2000 sur les ondes de RFI qu'elle s'entraîne 8heures par jour ". (3)

Le niveau d'instruction de notre échantillon était moyen avec 48,0% de joueurs ayant le niveau secondaire (supérieur au DEF) qui nous semble un niveau assez bon car nous estimons que le sport nécessite un certain niveau intellectuel pour une grande et rapide compréhension et assimilation des systèmes techniques, tactiques et de la stratégie en matière de compétition sportive.

Paramètres anthropométriques : pour une taille de 1.72m, notre échantillon général pesait 68,46Kg.

L'analyse de l'indice de Quételet montre que notre échantillon présente une corpulence normale. (23,14)

**IQ** : valeur normale = 20 à 25 ; les valeurs entre 23 et 25 sont les meilleures.

- L'analyse de nos résultats montre une insuffisance de politique d'encadrement de notre échantillon .Au lieu d'être encadré depuis l'âge minime (avant 12 ans) l'est a l'âge junior et senior (après 16ans).Notre échantillon n'a donc pas bénéficié de la formation initiale du football par conséquent des résultats non satisfaisant.

Actuellement nous assistons à l'explosion de la création de multitudes de centres de formation de jeunes dans la capitale et les régions. Parmi lesquels on peut citer celui de Jean Mark GUIROUX (Manager) au sein du Real de Bamako et l'initiative du Président de la république sur l'insertion des anciens footballeurs à savoir : un stade-un centre formation de jeunes encadrés par nos anciens ténors.

Ceci est un bon espoir dans les 10-20 ans à venir pour notre football.

Des handicaps majeurs dans notre football sont aussi entre autre :

- Absence d'accompagnement psychologique
- Absence de professionnalisme et même semi-professionnalisme.

Pouvons-nous prétendre objectivement à de bons résultats avec 2h 30mn d'entraînement par jour quand nous devons compétir avec des joueurs qui ont en moyenne 6h -8h d'entraînement par jour ?(3).Mieux encore ces joueurs ont commencé à jouer dès leur tendre enfance : 5-7ans.

### **3. Paramètres fonctionnels**

#### **3.1. Capacité de travail (PWC 170)**

Avec une capacité de travail moyenne de l'échantillon en début de saison (décembre) de  $2,88 \pm 0,682$  m/s soit  $936,032 \pm 221,729$  Kgm/mn, en milieu de saison de  $2,70 \pm 0,331$  m/s soit  $876,59 \pm 107,654$  Kgm/mn et en fin de saison de  $2,62 \pm 0,619$  m/s soit  $852,280 \pm 210,144$  Kgm/mn.

Notre échantillon avait une tendance à la régression au cours de la saison.

Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par le Docteur KONE sur les élèves de l'INS dans les études faites en 1988 (13) qui a donné  $3,99 \pm 0,19$  m/s (F = 2,45 P = 0,12314) et en 1989(14) dont le résultat était de  $4,109 \pm 0,65$  m/s (F=0,18 P=0,6679).

Nos résultats sont également inférieurs à celui obtenus par le Docteur DIAKITE A. (3) sur les footballeurs de première division fait en 2000 qui était de 1521,240 kgm/mn.

Pareils pour les valeurs obtenues par le Docteur DIALLO I. (4) sur deux (2) Taekwondoins présélectionnés pour les JO d'Athènes de 2004.

Ceci nous permet de constater qu'à la fin de la saison, notre échantillon a subi une diminution ce qui nous montre que les dix (10) mois d'entraînements et de compétitions n'ont pas permis à notre échantillon d'améliorer sa capacité de travail.

### **3.2. Consommation maximale d'oxygène**

- Il existe des classifications de niveau de VO<sub>2</sub> max comme celle de Flandrois et coll. (6) et le tableau de classification du test Astrand – Armée (1)

Classification de Flandrois et Coll. (6).

<b>classification</b>	<b>VO<sub>2</sub> max ml./kg/min</b>
Déficient	< 30
Faible	30 à 35
Médiocre	36 à 40
Moyen	41 à 46
Assez bon	47 à 50
Bon	51 à 55
Très bon	56 à 60
Excellent	> 60

Cette échelle de valeur a été proposée à partir d'une population témoin constituée de sportifs et de sédentaires

<b>Sexe Classification</b>	<b>HOMMES</b>	<b>FEMMES</b>
Excellent	53 et plus	42 et plus
Très bon	52,4 – 48	41,5 – 38
Satisfaisant	47,5 – 43	37,5 – 33
Médiocre	42,5 – 38	32,5 – 29
Insuffisant	37,5 – 33	28,5 – 25
Mauvais	Moins de 33	Moins de 25
<b>Age des sujets : Moins de 30 ans – VO<sub>2</sub> max (ml/kg/mn)</b>		

Cette classification d'Astrand est utilisée pour la catégorisation des nouvelles recrues de l'armée française.

Avec une moyenne de  $VO_2$  max de  $2,919 \pm 0,649$  l/m soit  $43,083 \pm 10,732$  ml/kg/mn notre échantillon en début de saison avait un niveau satisfaisant selon la classification du test Astrand – Armée (1) et moyen selon la classification de Flandrois et Coll. (6).

Ce résultat était de loin inférieur à celui obtenu par DIALLO I. (4) sur les deux (2) taekwondoins ( $53,807$  ml/kg/mn), également celui obtenu par DIAKITE A (3), sur les basketteurs de 1<sup>ère</sup> division malienne ( $44,903$  ml/kg/mn).

En milieu de saison, elle est insuffisante selon la classification du test Astrand – Armée et médiocre selon le tableau de Flandrois et Coll., les chiffres étaient de  $2,55 \pm 0,368$  l/mn soit  $37,6 \pm 7,258$  ml/kg/mn.

Notre résultat était de très loin inférieur à ceux obtenus par DIALLO I. et DIAKITE A.

Avec une valeur moyenne de  $2,86 \pm 0,646$  l/mn soit  $42,234 \pm 11,17$  ml/kg/mn, la  $VO_2$ max de l'échantillon en fin de saison était médiocre selon la classification du test Astrand – Armées et moyen selon la classification de Flandrois et Coll. Elles étaient très inférieures à celles obtenues par DIALLO I. et DIAKITE A.

La différence entre la  $VO_2$ max de début de saison et celle de la fin de saison était statistiquement significative ( $P < 0.001$ ) car la  $VO_2$ max de début était supérieure à celle de la fin dans la population d'étude. Pareille pour celle de début et du milieu de saison. Elle n'était pas significative entre le milieu et la fin de saison ( $P = 0.35$ ).

Il est établi que les sportifs de haut niveau des pays développés présentent généralement des valeurs de  $VO_2\text{max}$  d'environ les 60ml/kg/mn par exemple Astrand P.O montre que le  $VO_2\text{max}$  peut atteindre 63ml/kg/mn chez les pratiquants des disciplines d'endurance comme la course de 10.000m ; le cyclisme sur chaussée.

Selon les mêmes auteurs les sportifs non entraînés présentent une  $VO_2\text{max}$  d'environ 45 ml/kg/nm. Ce qui est supérieur a nos résultats.

Par ailleurs la  $VO_2\text{max}$  est un paramètre assez stable pour des sportifs d'un niveau élevé son amélioration est très minime au cours d'une saison sportive ou même pendant plusieurs saisons consécutives.

### **3.3 Paramètres fonctionnels cardiaques (QS, HV, Fc)**

#### **3.3.1. Volume d'éjection systolique (QS)**

Dans notre étude le volume d'éjection systolique moyen des joueurs était  $121,855\pm 5,327$  en début de saison  $118,9\pm 4,764$ ml en milieu de saison et  $117,55\pm 4,767$ ml en fin de saison

Ceci représente un niveau de préparation très faible pour nos athlètes car le QS d'un homme non entraîné en l'effet est de 120ml (3)

#### **3.3.2. Volume cardiaque (HV)**

Avec un volume cardiaque moyen de l'échantillon qui était  $662,381\pm 10,59$ ml en début de saison ;  $616,972\pm 6,434$ ml en milieu de saison et  $597,49\pm 13,398$ ml en fin de saison ; on est doit de constater qu'il est nettement inférieur a celui des non sportifs selon tchoqovadze AV et Boutchenko LDM (11). Ces auteurs ont enregistré un volume cardiaque absolu de  $760\pm 11$ ml.

### **3.3.3. Fréquences cardiaque (Fc)**

#### **a. Fréquence cardiaque au repas Fo**

La fréquence cardiaque au repas Fo en début de saison (décembre 2007) était 70,12btt/mn contre 67,74 btt/mn en fin de saison (Octobre 2008).Ce qui indique une bonne fonctionnalité du système cardio-vasculaire de l'échantillon a l'effort.

#### **b. Fréquence cardiaque après 1et2 effort**

La fréquence cardiaque augmente de façon linéaire avec l'effort, plus l'effort était important plus la Fc augmentait. La Fc après le second effort était plus élevée que dans le premier effort ou cours des dix mois,  $F_2 > F_1 > F_0$  (voir tableau).

La Fc enregistrée après le 1<sup>er</sup> effort en (Décembre 2007) début de saison était plus basse qu'en fin de saison (Octobre 2008) soit 182,24 btt/mn à 177,78 btt/mn. Les mêmes événements s'observaient après le 2<sup>ème</sup> effort soit 197,86 btt/mn a 194,52 btt/mn. Ce qui confirme une inadaptabilité du système cardiovasculaire a l'effort.

Avec le **T-TEST** la comparaison des Fc moyennes au cours de la saison avait donné les résultats suivants :

Il y avait une différence statistiquement significative entre Fo du début comparativement aux Fo du milieu et à la fin de saison ( $P=0.005$  et  $P=0.001$  respectivement).

Cette différence n'était pas significative entre F1 du début et F1 du milieu de saison ( $P=0.518$ ), mais l'était entre F1 du début et F1 à la fin de saison ( $P=0.005$ ).

Entre F2 du milieu et F2 a la fin de saison par rapport a F2 du début la différence était significative ( $P=0.004$  et  $P=0.001$  respectivement).

- **Surveillance médicale**

Nous avons trouvé dans notre étude que notre échantillon n'a jamais subi de contrôle médical. Aucun club au Mali n'a un médecin sportif dans son encadrement. Seul le stade malien de Bamako a un médecin (spécialiste en chirurgie digestive) les autres ont des infirmiers dans leur rang.

L idéal serait que chaque joueur subisse un examen médical complet d'aptitude avant de pratiquer le football, et ce bilan devrait être respecté chaque année. Il permettrait de déceler non seulement des troubles qui pouvaient constituer une contre- indication a la pratique sportive (cas de l'international Français Lillian thuram au PSG en 2008) mais, aussi des problèmes tels l'anémie, qui peuvent influencer la performance potentielle du joueur. Pour qu'un programme de contrôle soit fructueux, il doit être suivi, spécifique à chaque sport et individualisé.



**CONCLUSION**

**ET**

**RECOMMANDATIONS**

## **VI. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :**

### **1. Conclusion**

Au terme de notre étude nous avons constaté que les paramètres physiologiques de notre échantillon au cours d'une saison sportive à savoir : le PWC 170, V02 max et les paramètres qui sous tendent sont très faibles. Ce qui confirmerait ce que disaient Bricki (2) et Pirnay (20).

Il faudrait mettre l'accent particulier sur la préparation physique des nos joueurs cela suppose une bonne méthodologie des entraînements et donc, un encadrement adéquat.

### **2- Recommandations**

#### **- Aux autorités**

- . Promouvoir une politique sportive d'encadrement des jeunes depuis le niveau minime par la création des centres de formation de football,
- . Promouvoir le sport scolaire et universitaire,
- . Promouvoir le semi professionnalisme et le professionnalisme,
- . Créer un service de médecine du sport ; que les clubs recrutent et rémunèrent des docteurs en médecine pour un suivi correct et une analyse efficiente des rendements de nos joueurs,
- . Appuyer le collège malien de réflexion en médecine du sport dans des œuvres pour l'amélioration de la performance.

#### **- Aux dirigeants des Clubs**

- . Etre beaucoup plus ambitieux,
- . Se soucier beaucoup plus de la santé des joueurs,
- . Choisir des entraîneurs et médecins sportifs qualifiés,
- . Ne pas tricher avec l'âge des joueurs.

**- Aux sportifs**

- . Mener une vie sportive,
- . Etre beaucoup plus ambitieux,
- . Respecter les consignes de l'agent médical.

**- Aux agents médicaux, médecins sportifs**

- . Utiliser la PWC 170 et la VO<sub>2</sub>max pour déterminer les capacités physiques et d'endurance des sportifs maliens afin d'améliorer les résultats en apportant des corrections nécessaires,
- . Toujours référer les cas graves aux spécialistes,
- . S'initier et pratiquer les tests médico-sportifs.

**-A la faculté de médecine**

- . Insérer des modules de formation en médecine de sport dans le programme de la faculté,
- . Proposer une formation de base de médecine de sport aux internes et aux médecins diplômé qui souhaitent ou qui doivent dispenser des soins médicaux aux sportifs,
- . Créer un laboratoire de recherche de physiologie et de médecine de sport.

# **REFERENCES**

# **BIBLIOGRAPHIQUES**

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. Astrand P.O et Rodahl K. Manuel de physiologie de l'exercice musculaire.  
Masson, 1973
2. Brikci, A. Profile physiologique des athlètes de haut niveau.  
(Descriptions et outils d'évaluation). Medispor Tom 65 juillet 1991
3. Diakité Adama Profil physiologique dans le sport d'élite du Mali.  
Thèse de médecine, N-114, Bamako, 2000.FMPOS
4. Diallo Issa Accompagnement médico-sportifs de deux taekwondoins  
présélectionnés pour les jeux olympiques d'Athènes 2004. Thèse de médecine  
Bamako 2004. FMPOS.
5. De Puhl IL et al. Erythrocyte changes during training in high School women  
cross-country  
Runners. Res Quart Exerc. Sport 1981; 52: 484
6. Flandrois R.et Monod H. << Physiologie du sport >>, Masson, 1994
7. Findeise, Linke et Pickein: Grand Lagen der sport Medozin.  
Barth Verlag Lei Zig 1980, 198-208
8. Giudicelli, C.P, J.P \_Daly: Médecine de l'entraînement physique et sport;  
chaire d'hygiène,  
écologie et ergonomie dans l'armée française: 1987, 2-11
9. Hultman et coll., Scand .J .Clin. Lab. Invest ,1967 ,19 ,56-66.

10. Guillet, R, J Genety Abrégé de médecine du sport. Edition Masson 1984,1-118
11. Kwaou Léandre Suivi medico-physiologique d'une équipe de football de première division malienne. Thèse de médecine, N-53 Bamako ,1996.FMPOS.
12. Karpman VL: Sportivnaya Medit sina. Physikul y sport, 1980; 129.
13. Koné Mamadou Analyse de la préparation des élèves de l'INS de Bamako. Médecine du sport (Medispor).1988
14. Koné Mamadou Préparation physique des élèves de l'INS de Bamako, Appréciation par le test PWC170. Médecine du sport 1989.
15. Nabatinkova M.Y : Bases de gestion de la préparation des jeunes sportifs. Fisicultura y sport. Moscou 1982 ; 68-69.
16. Nelson ME et al. Die and bone status in amnorrhic runners – Am I clin Nutr 1986; 43: 91 – 16
17. Nöcher, I physiology der Leibesübungen Enke Stuttgart 1976; 234
18. Refsum HE et al. Whole blood, serum and erythrocyte magnesium Concentrations after repeated heavy exercise of long duration. Scan. J. Clin. Lab. Invest 1973; 32: 123 – 27.
19. Stendig-Lindberg G et al. Predictors of maximum voluntary Contraction force of quadriceps femoris muscle in man. Magnésium 1983; 2: 93 – 104

20. Pirnay .F Etude physiologique du test de Léger, et al.  
Sciences et sport : vol 7 N°2.
  
21. SANGARE Adama : Suivi du sportif d'élite traumatisé à Bamako.  
Thèse de medecine Bamako ,1996.FMPOS.
  
22. Tourne et al. La fracture de fatigue du scaphoïde tarsien. Sciences et sport  
1987 ; 2 : 9 – 15.

# ANNEXES



## **FICHE D'ENQUETE MEDICO-SPORT**

### **1-) RENSEIGNEMENTS GENERAUX**

- (Q 01) Fiche numéro: /\_\_\_/
- (Q 02) Club : .....
- (Q 03) sexe : masculin /\_\_\_/
- (Q 04) Age: /\_\_\_/ ans
- (Q 05) Nationalité : Malienne /\_\_\_/ Autre : .....
- (Q 06) Poids: /\_\_\_/ kg
- (Q 07) Taille : /\_\_\_/ mètres
- (Q 08) Profession : .....ou néant /\_\_\_/
- (Q 09) Situation matrimoniale : célibataire /\_\_\_/ marié(e) /\_\_\_/
- (Q 10) Niveau d'instruction : -Néant /\_\_\_/ -primaire /\_\_\_/
- Secondaire /\_\_\_/ -Supérieur /\_\_\_/
- (Q 11) Autres sports pratiqués : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/
- (Q 12) Nombres d'année de pratique sportive : /\_\_\_/ ans
- (Q 13) Année de début de sport de compétitions : /\_\_\_/
- (Q 14) Nombre d'année de compétition : /\_\_\_/ ans

### **2-) Poste occupé sur le terrain**

- (Q15) : 1 : Gardien de but    5 : Latéral droit    9 : Premier avant centre
- 2 : Libero                    6 : Récupérateur    10 : Meneur
- 3 : latéral gauche    7 : Couloir droit    11 : Couloir gauche
- 4 : Stopper                8 : Deuxième avant centre

### **3-) Habitudes de consommation d'excitants :**

- (Q 16) Alcool : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/
- (Q 17) Café : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/
- (Q 18) Cola : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/
- (Q 19) Tabac : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/
- (Q 20) Thé : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/

**4- ) Antécédents médicales personnels :**

(Q 21) Diabétique : oui /\_\_/ non /\_\_/ ne sait pas /\_\_/

(Q 22) Hypertendue : oui/\_\_/ non /\_\_/ ne sait pas /\_\_/

(Q 23) Cardiopathie : oui/\_\_/ non /\_\_/ ne sait pas /\_\_/

(Q 24) Asthme : oui/\_\_/ non /\_\_/ ne sait pas /\_\_/

(Q25) Autres :.....

**5-) Antécédents chirurgicales :**

(Q 26) oui /\_\_\_/non /\_\_\_/ type si oui :.....

**6-) Motivations**

(Q27) plaisir : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/

(Q 28) professionnalisme : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/

(Q 29) célébrité : oui /\_\_\_/ non /\_\_\_/

(Q 30) revenus monétaires : oui /\_\_\_/non/\_\_\_/

**7-) Fréquence cardiaque, PWC170, VO<sub>2</sub> max**

(Q31)  $F_o$  : Fréquence cardiaque au repos

(Q32)  $F_1$  : Fréquence cardiaque après le premier parcours

(Q33)  $F_2$  : = Fréquence cardiaque après le deuxièmes parcours

(Q34) PWC170 : capacité de travail

(Q35)  $VO_2max$  : consommation maximale d'oxygène

(Q36) QS : volume d'éjection systolique

(Q37) HV : = volume cardiaque

### **Fiche signalétique**

**Nom** : CAMARA

**Prénom** : Lassine

**Titre de la thèse** : Dynamique des paramètres fonctionnels chez les footballeurs de deux clubs de 1<sup>ère</sup> division au cours de la saison sportive 2007-2008 dans le district de Bamako.

**Année universitaire** : 2008-2009

**Ville de soutenance** : Bamako

**Pays d'origine** : Mali

**Lieu de dépôt** : Bibliothèque de la F .M.P.O.S

**Secteur d'intérêt** : Poumons ,cœur,Muscle, Physiologie et sport.

**Résumé** : Nous avons rapporté les résultats d'une étude portant sur un échantillon de 50 joueurs de football de 1<sup>ère</sup> division dans le district de Bamako pour une période de 10mois.

- ◆ Nos joueurs étaient en moyenne des jeunes sans emploi avec 24,06 ans d'âge .Ils avaient une bonne expérience de pratique sportive avec  $7,32 \pm 3,33$  ans. Ainsi nos athlètes avaient atteint la maturité sportive.
- ◆ Au cours de la saison, nos joueurs présentaient une inadaptabilité du système cardio-vasculaire à l'effort vu leurs Fc, Qs et Hv.
- ◆ Nos joueurs avaient tout au long de la saison sportive un V02 max inférieur à celui des sportifs non entraînés des pays développés.
- ◆ La PWC170 de nos sportifs était régressif durant toute la saison sportive ce qui prouve que les dix mois d'entraînements et de compétitions n'ont pas permis à nos athlètes d'améliorer leur capacité de travail physique.

**Mots clés** : Physiologie, Football, Paramètre, PWC170, V02 max.

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

*En présence des maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.*

*Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.*

*Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religions, de nation, de race, de parti ou de classes sociales viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.*

*Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception. Même sous la menace, je n'admettrai de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.*

*Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*

**Je le jure.**