

## SOMMAIRE

### RESUME REMERCIEMENTS

	PAGE
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA RECHERCHE	2
1.1. Approche historique du sport et en particulier de l'athlétisme	3
1.2. Historique de l'athlétisme malgache	4
1.3. Essai d'approche sociologique de l'athlétisme	6
1.4. Objet de la recherche	7
1.5. Intérêt du sujet	8
1.6. Raison du problème	9
1.7. Praticabilité	10
1.8 Limitation du sujet	10
1.9 Problématique	11
CHAPITRE II : CADRE THEORIQUE	13
Aspects physiologiques de l'entraînement sportif	14
2.1.1. Définition de l'entraînement	14
2.1.2. Entraînement en endurance	14
2.1.3. Entraînement en puissance	15
2.1.4. But et principes de l'entraînement	15
2.1.5. Bases physiologiques de l'entraînement sportif	16
A- Bases physiologiques de l'entraînement en endurance	16
B- Bases physiologiques de l'entraînement en puissance	16
2.1.6. Effets de l'entraînement sur la performance	17
2.1.7. Adaptations cardiovasculaires à l'entraînement	18
2.2. Structure anatomique du cœur	18
2.2.1 Définition	18
2.2.2 Cycle cardiaque	19
2.2.3 La fonction cardiaque	19
2.2.4 Volume d'oxygène systolique	19
2.2.5 Débit cardiaque	20
2.3. Effets de l'entraînement sur les muscles	20
2.3.1. Les modifications structurales	21
2.3.2. Les modifications biochimiques	21
2.3.3. Les modifications nerveuses	22
2.4. Les adaptations respiratoires à l'entraînement	22
2.4.1. La ventilation pulmonaire	22
2.4.2. Le volume ventilatoire	23
2.4.3. La méthode de transport de l'oxygène et de dioxyde de carbone	23
2.5. Les inconvénients de l'entraînement	23
2.5.1. Le surentraînement	24
A-Les manifestations neurovégétatives	24
B-Les manifestations hormonales	25
C-Les manifestations immunitaires	25
2.6. Les principaux types d'affections cardiovasculaires	26

2.6.1.La maladie coronarienne	26
2.6.2.L'hypertension artérielle	27
2.6.3.L'accident vasculaire cérébrale	27
2.6.4.L'insuffisance cardiaque	28
2.6.5.Les autres affections cardiovasculaire	28
2.7.La morphologie	29
2.7.1.La taille et le poids	29
2.7.2.Le tissu osseux	29
2.7.3.L'obésité	29
2.7.4.La surcharge pondérale	30
2.7.5.Le contrôle du poids	30
2.7.6.Problèmes liés à la surcharge pondérale et à l'obésité	30
2.8.La capacité d'endurance	31
2.8.1.Définition	31
2.8.2.Les différentes formes d'endurance	31
2.9.La consommation maximale d'oxygène et la puissance maximale aérobie	32
2.9.1.Le volume d'oxygène maximal	32
2.9.2.La puissance maximale aérobie	33
2.9.3.Le transport de l'oxygène	33
2.9.4.Le débit sanguin	34
2.9.5.Le seuil lactique	34
2.10.L'électrocardiogramme	35
2.10.1.Définition	35
2.10.2.L'appareil mono piste	35
2.10.3.L'appareil trois pistes	35
2.10.4.L'électrocardiogramme d'effort	37
2.10.5.Les troubles du rythme cardiaque	37
2.10.6.La lecture d'un électrocardiographie	38
2.10.7.L'utilité de l'électrocardiogramme	39
HYPOTHESE	40
CHAPITRE III : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	41
3.1.La fréquence cardiaque	43
3.1.1.Définition	43
3.1.2.La fréquence cardiaque au repos	44
3.1.3.La fréquence cardiaque pendant l'activité	45
3.1.4.La fréquence cardiaque après l'effort	45
3.1.5.La fréquence cardiaque d'entraînement	46
3.1.6.Etude expérimentale de la fréquence cardiaque	46
A- Choix de l'échantillon	46
B- Etudes des caractéristiques morphologiques de notre population expérimentale	48
C-Expérimentation sur la fréquence cardiaque	49
D-Interprétations des résultats obtenus	49
3.2.La tension artérielle	51
3.2.1.Définition	51
3.2.2.Choix de l'échantillon	52
3.2.3.Protocole expérimentale	52

3.2.4.Caractéristiques de l'échantillon et résultats obtenus	52
3.2.5.Interprétation des résultats	53
3.3.Etudes sur la capacité vitale	54
3.3.1.Définition	54
3.3.2.Technique de mesure	54
3.3.3.Matériel utilisé	55
3.3.4.La technique d'évaluation de la fréquence cardiaque	58
3.3.5.Choix de l'échantillon	59
3.3.6.Caractéristiques morphologiques de la population concernée et interprétations des résultats obtenus	60
3.4.L'électrocardiographie	61
3.4.1.Définition	61
3.4.2.Appareil utilisé	62
3.4.3.Choix de l'échantillon	62
3.4.4.Caractéristiques de la population expérimentée	63
3.4.5.Protocole expérimentale	64
3.4.6.Interprétations des résultats	66
A-Tracé d'un électrocardiogramme interprété	67
B-Tracés d'électrocardiogramme de trois athlètes confirmés	69
C-Tracé d'électrocardiogramme d'un sujet non sportif	75
CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIES	
ANNEXE	

## **A°- Listes des photos**

<b>Photo n°1</b> : Le spiromètre informatisé de l'hôpital de Fenoarivo ou « spirolabII » de fabrication italienne	66
<b>Photo n°2</b> : Une étudiante en pleine évaluation de la capacité vitale	69
<b>Photo n°3</b> : Photo de l'appareil Russe 3K1T- 3M2 de l'électrocardiogramme	73
<b>Photo n°4</b> : Evaluation d'un électrocardiogramme d'un sujet « non sportif »	76

## **B°- Listes des schémas**

<b>Schéma n°1</b> : Anatomie du cœur	29
<b>Schéma n°2</b> : Exemple d'un tracé d'électrocardiographie	47
<b>Schéma n°3</b> : Courbe respiratoire d'un sujet « non sportif »	67
<b>Schéma n°4</b> : Courbe respiratoire d'un sujet « sportif »	68

## **C°- Listes des tableaux**

<b>Tableau n°1</b> : Données morphologiques des sujets « non sportifs » expérimentés	58
<b>Tableau n°2</b> : Caractéristiques morphologiques des sujets « non sportifs » et résultats obtenus pour la fréquence cardiaque	58
<b>Tableau n°3</b> : Données morphologiques des « sportifs »	58
<b>Tableau n°4</b> : Caractéristiques morphologiques des sujets « sportifs »	58
<b>Tableau n°5</b> : Valeurs de la tension artérielle des sujets « non sportifs »	63
<b>Tableau n°6</b> : Valeurs de la tension artérielle des sujets « sportifs »	63
<b>Tableau n°7</b> : Résultats obtenus avec la valeur de la tension artérielle	64
<b>Tableau n°8</b> : Données morphologiques des « non sportifs » et valeur de leur capacité vitale	70
<b>Tableau n°9</b> : Données morphologiques des « sportifs » et valeur de leur capacité vitale	70
<b>Tableau n°10</b> : Caractéristiques morphologiques et valeur de la capacité vitale de l'ensemble des sujets « non sportifs » et des sujets « sportifs »	71
<b>Tableau n°11</b> : Renseignements concernant le groupe des « sportifs »	74
<b>Tableau n°12</b> : Caractéristiques du groupe des « sportifs »	74
<b>Tableau n°13</b> : Renseignements concernant le groupe des « non sportifs »	74
<b>Tableau n°14</b> : Caractéristiques du groupe des « non sportifs »	75

# 1 **INTRODUCTION**

Historiquement, les débuts de la physiologie remontent aux premiers efforts réalisés par un jeune fermier, David DILL, de Kansas aux Etats-Unis dont l'intérêt initial est d'étudier la composition du sang de crocodile pour passer ensuite à celle de l'homme. Cela date de 1927. Tout au long de sa vie, il fut intrigué par la physiologie.

Le corps humain est une machine particulièrement complexe. Toutes les cellules et tissus de l'organisme communiquent les uns avec les autres et leurs activités sont parfaitement coordonnées. Si on pense à toutes les opérations qui s'effectuent en même temps, on ne peut que s'émerveiller devant leur coordination si parfaite et si harmonieuse.

Elles permettent la réalisation des fonctions complexes : entendre, goûter, respirer, voir et saisir les nouvelles informations. Depuis plusieurs siècles, les scientifiques étudient les mécanismes d'adaptation de l'organisme humain au sport.

Plus récemment, pour mieux accéder à la haute performance, les scientifiques sportifs ont cherché à comprendre beaucoup plus le fonctionnement et la réaction du corps humain face à la pratique des activités physiques et artistiques.

L'activité physique est un processus complexe. Pour le comprendre les scientifiques doivent examiner chacun des ajustements. C'est pourquoi nous pensons dans ce travail de mémoire de « DETECTER ET DETERMINER LES CHANGEMENTS DANS LE CORPS HUMAINS PROVOQUES PAR LA PRATIQUE SPORTIVE » que nous comprendrons par : « ANOMALIES A MANIFESTATIONS PHYSIOLOGIQUES ».

Cette étude est basée sur les aspects physiologiques de l'entraînement parce que la physiologie étudie les fonctions du corps et de chacun de ces organes et que grâce à elle, nous apprenons comment nos systèmes organiques, nos tissus et nos cellules travaillent et comment leur fonctions s'ajustent pour régler notre milieu intérieur. D'ailleurs, même quand nous nous sentions au repos, il n'en est rien, tout notre corps continue à faire fonctionner ses activités internes. Il exige davantage de nutriments, d'oxygène, d'activité métabolique plus intense et d'une élimination plus importante des déchets.

Ainsi, pour aboutir à notre objectif, nous pensons dans un premier temps de faire une approche historique du sport et en particulier de l'athlétisme, avant d'aborder l'histoire de l'athlétisme malgache et ensuite de décortiquer l'objet de notre recherche. Dans le chapitre II, nous développerons notre cadre théorique avec un résumé des connaissances théoriques tournant autour de notre sujet et le troisième chapitre traitera le côté pratique de notre expérimentation. Nous terminerons ce livre, comme dans tout travail de mémoire par la conclusion.

## **CHAPITRE I**

### **PRESENTATION DE LA RECHERCHE**

## 1.1. APPROCHE HISTORIQUE DU SPORT ET EN PARTICULIER DE L'ATHLETISME

Une des conditions de survie de l'humanité est l'aptitude à chasser et à battre un ennemi. Ceci exige rapidité, souplesse et force. Ces activités nécessitent beaucoup d'entraînements et avec le temps, elles évoluent en un jeu où l'homme égale l'homme. C'est le début du sport. Durant l'antiquité, son objectif est uniquement destiné à développer les qualités physiques des guerriers.

Vers 1200 avant Jésus Christ, les Grecs commencent à organiser des compétitions dans une perspective plus pacifique. Ces premiers jeux organisés impliquant une nation entière qui va être olympique, car après, la civilisation grecque s'élargie à cause de l'organisation de plusieurs jeux, et ce qui donne sa réelle dimension à la religion athlétique, parce que l'athlétisme y occupe une place importante (13).

Les plus célèbres sont ceux d'Olympie, d'où leur nom de « Jeux Olympiques ». Olympie veut dire les ruines du gymnase. Associés à Zeus, en 776, avant Jésus-Christ, les premiers Jeux Olympiques se tiennent et se composent de trois courses et du pentathlon (course, lancer de disque et javelot, saut en longueur et lutte) (11).

Les premières espaces de compétitions spécialisées apparaissent à l'Olympie, selon la légende. La piste droite mesurant 192,27 mètres de long est étaillonnée par la juxtaposition de 600 pieds d'Héraclès, d'où dérive le terme actuel de stade (11).

Les compétitions d'athlétisme qui se développent à travers toute la Grèce comprennent des épreuves de vitesse, des courses longues, des sauts, des lancers (disque et javelot).

En 393, avant J.C, Théodose, le derniers des empereurs romains, interdit toutes formes de Jeux Olympiques. Les jeux et l'organisation de toutes autres formes de sport tombent complètement dans l'oubli et ne réapparaissent que 1400 ans plus tard. Mais avec la révolution industrielle, les sports de compétition reprennent en Angleterre (13).

L'athlétisme moderne apparaît au XIXe Siècle, avec l'organisation des courses pedestriennes dans les universités anglaises d'Oxford et de Cambridge. Et la première course à pied, le « Crick Run », est organisée en 1837 au collège de rugby et n'est réservée qu'aux élèves de plus de 17ans. Cette compétition gagne rapidement les autres collèges comme Eton, puis Cambridge, bientôt imité par Oxford en 1857 et 1860. Vingt ans plus tard, en 1858, ce sport prend une telle dimension que l'association d'athlétisme amateur fut fondée (11).

Au milieu du XIXe siècle, l'idée de faire revivre les Jeux Olympiques modernes émerge. En 1858, le grec Evangelos ZAPPA conçut un projet pour les Jeux Olympiques modernes, mais malheureusement sous forme très primitive à Athènes. Les jeux suivants furent organisés en 1870 et en 1875, cette fois dans un stade approprié mais ouvert seulement au citoyens grecs. En 1896 la reprise des trois jeux nationaux faites renaître

l'idée des Jeux Olympiques dans les autres pays. Mais le français Pierre DE COUBERTIN (1863-1937), historien et enseignant, pris l'initiation de créer les jeux modernes et internationaux. Il étudie les sports anglais et a pris part aux fouilles à l'Olympie. Et Coubertin se tourne vers les Grecs qui acceptent de recevoir les premiers Jeux Modernes à Athènes en 1896. L'invitation au premier congrès organisé à Stockholm à l'occasion des Jeux Olympiques, en 1912, qui créent l'I.A.A.F (International Amateur Athletic Fédération) et qui compte plus de 17 pays membres.

En 1977, la première coupe du monde d'athlétisme par équipes est organisée à Düsseldorf. Et tout s'enchaîne car le premier championnat du monde d'athlétisme se tient en 1983, à Helsinki en Finlande...(13).

## **1. 2. HISTOIRE DE L'ATHLETISME MALGACHE (40), (37)**

« L'histoire permet à l'homme d'assurer sa destinée et de prendre conscience et de savoir d'où il vient ». Comme dans tous les autres pays, les Malgaches pratiquent l'athlétisme en tant que moyen de substances par la chasse, et surtout lors des guerres tribales.

La première trace officielle de la pratique de cette activité apparut en 1920 lors de la célébration de la fête nationale Française. Ainsi le 14 juillet, grâce au concours de la fanfare des tirailleurs malgaches, des courses à pieds se disputent à Mahajanga à partir de 15 heures. Il s'agit de deux courses pour les enfants et de deux courses avec obstacles pour les hommes.

Comme toute activité sportive, élément de culture, cette pratique devient populaire avec le temps et sept ans après le 31 juillet 1927 à Tamatave, c'est donc l'ouverture d'une compétition athlétique, qui se compose par des épreuves de 4 X 100m relais et avec une participation de 1500 athlètes. Ainsi, on peut dire qu'en 1927, l'athlétisme a déjà fait un pas dans la vie sociale malgache, même si la plupart des pratiquants sont encore des étrangers.

Après, on a organisé une compétition le 11 septembre 1927, toujours à Tamatave. Les résultats sont assez particuliers car ce qui est important, en ce temps là, c'est le classement à l'arrivée et non le temps effectué pour faire le parcours ou en termes modernes la performance. Pour les courses, et pour les concours, les performances sont encore faibles. Sur le plan technique, on peut déjà constater que le meilleur coureur de sprint ici est celui qui peut sauter le plus loin en longueur.

Le temps passe et l'athlétisme connaît un essor parmi les activités sportives. On arrive à se décider d'organiser des championnats nationaux d'athlétisme le 10 et 11 novembre 1928 à Tananarive. Les disciplines choisies sont les 100m, les 800m, les 3000m, le relais 4 X 100m, le lancer de disque, du javelot et le saut en longueur. Les deux meilleurs engagés par ville, dans chaque épreuve, sont qualifiés.

## 5

On remarque que ce championnat d'athlétisme de Madagascar se dispute par des athlètes issus surtout de deux grandes villes, occupées dans son ensemble par les « vazaha » (Tamatave et Tananarive) du fait évidemment que l'une est la capitale du pays et l'autre le premier port de la grande île.

On remarque aussi que c'est vraiment une activité des gens aisés et le plus particulièrement des intellectuels de cette période. Voici par exemple quelques résultats :

100m, le Docteur MONDAIN, 400m, MATTEOTTI

Poids : le sénégalais STEOUTARA, 200m, le Lieutenant PARIS

Des efforts sont alors déployés par les différentes entités responsables pour essayer toujours de faire promouvoir et développer, surtout dans le domaine scolaire et sans distinction de sexe.

Ainsi en 1944, un aménagement d'un terrain de sport est prévu au lycée des jeunes filles. C'est en 1948 après le mouvement patriotique populaire de 1947 que l'athlétisme trouve un essor considérable grâce à la politique d'octroi de BREVET SPORTIF POPULAIRE pour les deux sexes et pour toutes les catégories, de la catégorie minime au vétéran. Alors on crée le sport scolaire et le sport universitaire à Madagascar (O.S.S.U.M). Par la suite, le 6 juin 1948, le cross pédestre, d'une distance de 14km, marque l'ouverture de la saison sportive sur piste qui se déroule à Mahamasina avec 200 participants. A partir de cette période, on assiste à l'émergence et à la réussite remarquable des athlètes malgaches sur plusieurs compétitions comme : RANDRIANILANONANA (100m en 11 secondes), RAZAFINDRAKOTO (200m en 25 secondes 8/10), RAKOTOMANANA (400m en 58 secondes 4/10), RAVELONDRAZA (800m en 2 minutes 25 secondes 2/10), l'équipe de l'EPS ( au relais 4 X 100m en 48 secondes 4/10) et RAZANAMASY ( au saut en longueur : avec 6,05 m) .Ces victoires sont sources de motivation pour pousser les malgaches à se mesurer de force contre le « vazaha ». Car, à la suite de ces compétitions, on organise deux compétitions le pré-championnat et le championnat de Tananarive. Les résultats techniques de ces deux championnats voient une domination des malgaches, parce qu'ils commencent occuper les premières places dans tous les disciplines, sauf les sprints qui sont raflés par les « vazaha ».

Les athlètes malgaches, de ce temps, sont des étudiants des grandes écoles, issus des familles aisées et intellectuelles.

Ainsi, on crée le comité régional d'athlétisme, puis la ligue provinciale pour aboutir par la suite à une affiliation à la Fédération Française d'Athlétisme en 1953.

L'athlétisme malgache ne cesse de progresser et en avril 1960 le premier Jeux du Communauté ont lieu à Tananarive. Deux ans après ces Jeux, la Fédération Malgache d'Athlétisme malgache voit le jour. Le premier président est Monsieur RAMANITRA Victor et le premier secrétaire générale Monsieur ANDRIANJANOA Jeannot.

Des efforts incessants sont entrepris par des multiplications d'organisation compétitive nationale et les participations à des rencontres internationales. Monsieur JALABERT forme des cadres sportifs pour

## 6

devenir des entraîneurs de 1<sup>er</sup> et de 2<sup>ème</sup> degré avec un soutien sans conditions. On forme aussi des officiels techniques. Quelques-uns parmi ces derniers effectuent des stages en France. Cette période d'épanouissement s'appellent la « belle époque ». Après cette période, l'athlétisme se trouve un déclin car Madagascar cesse de participer à des grands Jeux et les résultats ne sont pas du tout satisfaisants que dans quelques disciplines seulement, le 400m et les courses de fond.

C'est plusieurs décennies plus tard que l'athlétisme malgache ressort de sa léthargie.

Ainsi, en 1987, des manifestations athlétiques couvrent toutes les saisons sportives avec la course de RENOUVEAU qui constitue un soutien inflexible et un tremplin pour l'athlétisme. Alors, les résultats en athlétisme sont plus que significatifs, avec l'organisation de compétition presque toutes les fins de semaine.

Et en 1989, la Fédération malgache d'Athlétisme organise cinq championnats nationaux qui sont :

- Les championnats nationaux de 15km
- Les championnats nationaux de cross- country
- Les championnats de marathon et le Marathon International d'Antananarivo
- Les championnats « Jeunes »
- Et les championnats « Toutes Catégories ».

Par l'organisation des différentes compétitions nationales et la participation à des compétitions internationales, couplées par des groupements fréquents de l'équipe nationale, cette nouvelle période de l'épanouissement d'athlétisme s'appelle « La Relance Epoque ». A partir de cette relance, l'athlétisme ne cesse d'évoluer sur le plan technique et performance. De plus, le nombre de licenciés et de participants augmente.

### **1.3. ESSAI D'APPROCHE SOCIOLOGIQUE DE L'ATHLETISME**

L'athlétisme, une des plus anciennes pratiques sportives, passionne aujourd'hui comme il y a plus de 2000 ans un public qui suit dans une ambiance pathétique et des mises en scène grandioses les exploits des « Dieux du stade » (10).

Au début ou à l'origine, l'athlétisme est uniquement destiné aux qualités physiques des guerriers, pour assurer un statut social. L'éducation sportive et athlétique fait partie intégrante de la société décrite et chantée par Homère. Elle correspond à l'une des caractéristiques de l'hellénisme : Exaltation de la vie humaine.

Ainsi, dans l' Odyssée, il dit que l'homme doit « exercer ses pieds et ses mains ». La compétition d'athlétisme qui se développe à travers toute la Grèce sous forme de fêtes sportives et religieuses, qui rassemble une communauté grecque souvent très divisée, prend une grande importance. Aux XIX<sup>e</sup> siècle l'athlétisme moderne apparaît dans les jeux olympiques.

Où on codifie ce sport à l'échelle mondiale, en fixant des règles très strictes pour l'organisation des compétitions afin de garantir leur régularité, mais aussi l'authenticité des performances.(41)

Comme tous les sports, l'athlétisme suppose l'existence des règles qui viennent limiter les possibilités motrices de l'individu. Ces règles doivent être précises, connues et n'évoluent que modestement pendant une même période d'apprentissage. On peut considérer que l'athlétisme participe à la formation sociale du pratiquant, puisqu'il l'amène à l'accepter et à respecter des contraintes institutionnelles qu'il connaît dès le départ, grâce à l'investissement de l'athlète pour développer ses potentialités physiques et morales (21).

L'athlétisme est une activité à l'effet et non pas à forme, c'est à dire que la maîtrise gestuelle ne doit pas masquer un faible efficacité motrice. L'essentiel est de réaliser des performances véritables preuves des progrès accomplis. Dans sa logique interne, l'athlétisme inclut la notion de compétition qui parfois peut servir d'Ascension sociale à l'athlète.

## 1. 4. OBJET DE LA RECHERCHE

La recherche d'une performance, dans toutes les disciplines sportives, se manifeste beaucoup comme objectif principal de tous les entraîneurs ou de tous dirigeants sportifs et évidemment de tous les sportifs ou athlètes. Nous allons baser notre étude sur les disciplines individuelles et particulièrement l'athlétisme.

Pourquoi l'athlétisme ? Car c'est une pratique de base pour toutes les disciplines sportives et en plus c'est la discipline sportive la plus pratiquée et la plus connue, vu la performance et les résultats de nos athlètes, au niveau régional.

Nous comprenons par entraînement, une répétition de séries d'exercices pour avoir l'automatisme des gestes technico-tactiques, et aussi pour avoir une bonne condition physique et des changements d'ordres physiologiques qui nécessitent la maîtrise de méthodes particulières de nos entraîneurs. Cette activité physique sportive et artistique (A.P.S.A.) qu'est l'athlétisme que nous avons choisi comme objet de notre étude provoque des changements dans le corps des athlètes.

Nous comprenons ces changements comme des « anomalies physiologiques ».

L'objectif de notre recherche est d'abord de démontrer l'existence de ces anomalies chez les athlètes de haut niveau malgache mais pas d'étudier leur impact chez les sportifs. Ce sera l'objet de recherche dans la poursuite de nos études. Pour le moment, nous nous contentons seulement de signaler l'existence de ces « anomalies à manifestations physiologiques ».

Beaucoup d'athlètes rencontrent des problèmes au niveau cardiaque après avoir abandonner leur carrière sportive et à leur retraite sportive. Nous citerons par exemple le problème du gros cœur qui est la suite d'un arrêt brusque de l'entraînement et qui provoque plus tard un arrêt cardiaque. L'athlète doit comprendre les risques de son métier.

## 1. 5. INTERET DU SUJET

En athlétisme, dont les activités sont pratiquées presque individuellement sauf pour les courses de relais, les performances ne cessent d'évoluer et ceci est le résultat de plusieurs recherches effectuées pour améliorer les méthodes d'entraînements modernes et pour les rendre plus efficaces.

En pratiquant les activités physiques, tout sportif doit respecter un certain nombre de mesures pour éviter tout incident éventuel.

Par la pratique d'athlétisme et par la consultation de plusieurs ouvrages, nous voyons que le sport a maints effets positifs, aussi bien sur le plan physique que sur le plan mental. Mais il y a aussi des effets négatifs qui provoquent plusieurs changements sur l'organisme et qui peuvent aboutir à des effets contraires, c'est-à-dire la contre performance. Ce sont les manifestations neurovégétatives, les manifestations hormonales, les manifestations immunitaires et surtout les manifestations physiologiques au niveau du système cardio-respiratoire.

Cela signifie que l'amélioration et l'obtention d'une bonne performance nécessite non seulement un bon entraîneur couplé d'un athlète sérieux et rigoureux mais aussi des spécialistes de médecine de sport comme les cardiologues et les physiologistes.

L'intérêt d'un tel travail de mémoire est surtout de sensibiliser les entraîneurs sur la complexité de la machine humaine, capable de faire des grandes prouesses si toutefois, l'entraîneur arrive à gérer toutes les données physiologiques et anatomiques de l'athlète.

Notre objectif d'étude est de déterminer qu'il y a des anomalies qui risquent de s'installer à long terme et de provoquer des conséquences néfastes à long terme sur la santé des athlètes et à court terme sur une baisse de la performance.

Il faut être vigilant dans le métier, alors tous les entraîneurs doivent connaître du bout des doigts les capacités physiques de ses athlètes ainsi que l'évolution de ces possibilités au cours d'une saison sportive. C'est pourquoi ; dès le début de la saison sportive, chaque athlète doit faire une visite médicale rigoureuse avec un suivi annuel de son électrocardiogramme.

Alors, notre étude a pour intérêt d'attirer l'attention des entraîneurs sur le suivi et le contrôle de l'entraînement de leurs athlètes en suivant systématiquement les changements et anomalies physiologiques dus à la pratique du sport.

L'examen d'E.C.G ou l'électrocardiographie permet de détecter non seulement les problèmes cardiaques mais aussi plusieurs autres maladies et dysfonctionnement de l'organisme humain comme par exemple le manque de calcium et l'hypercalcémie et autres que nous n'allons pas citer ici.

Le suivi et le contrôle médical régulier de l'athlète permet à l'entraîneur de mieux comprendre son athlète et de mieux gérer ses possibilités physiques.

## 1. 6. RAISON DU PROBLEME

Les jeunes malgaches aiment le sport, et ceci est constatable dans tous les coins de notre pays. Ils aiment se mesurer avec leur voisin, de plus c'est la bonne occasion pour faire une démonstration de leur puissance.

Beaucoup de structures, comme les ligues et les sections organisent des rencontres sportives dans notre domaine qui est l'athlétisme surtout lorsqu'ils sont sponsorisés par les grandes entreprises. Il y a donc des rencontres athlétiques partout et de plus en plus dans les autres faritany. Citons en exemple, les compétitions inter clubs, intersections, etc...

D'ailleurs, actuellement, on observe une augmentation de plus en plus grande du nombre de licenciés et de participants dans les compétitions d'athlétisme non seulement à Antananarivo mais dans toutes les régions de Madagascar.

Dans certaines rencontres sportives de haut niveau, certains athlètes et spectateurs frissonnent devant certains concurrents qui tombent dans les pommes après avoir franchi la ligne d'arrivée. Ceci est du à un excès d'effort non supporté par l'organisme. Dans d'autre cas, ils abandonnent bien avant d'avoir franchi la ligne d'arrivée mais la situation la plus grave est lorsque le concurrent est foudroyé par un arrêt cardiaque en pleine compétition. Comme Marc FOE. Non seulement les athlètes mais aussi et surtout les dirigeants qui demandent toujours que de bons résultats, ainsi que les entraîneurs doivent comprendre ce qui se passe réellement dans notre organisme quand on pratique le sport. C'est une des raisons du choix du thème de notre mémoire, expliquer le bon fonctionnement de l'organisme et de l'être humain.

L'arrêt cardiaque est un phénomène fréquent ces derniers temps dans le monde sportif et les profanes n'arrivent pas à comprendre pourquoi; mais pour nous, l'interprétation de ces cas qui entraîne beaucoup de problèmes, méritent d'être explicités et d'être compris à large diffusion.

D'après les différentes situations que nous avons menées lors de notre étude sur les « anomalies physiologiques chez les athlètes », beaucoup d'entraîneurs ne savent pas qu'un mauvais dosage ou un surdosage de l'entraînement peuvent apporter non seulement des effets négatifs sur la performance mais aussi peuvent nuire à la santé des athlètes. Le sport peut avoir des effets secondaires sur l'organisme de l'athlète.

## 1. 7. PRATICABILITE

L'activité physique est un processus complexe pour le comprendre les scientifiques doivent examiner chacun des ajustements. Activité physique majeure « un sport de base », l'athlétisme est encore trop souvent perçu comme une mosaïque de pratiques diversifiées ne possédant guerre des liens entre elles.

Notre recherche est basée sur les anomalies physiologiques chez les athlètes plus précisément sur la fréquence cardiaque, la capacité vitale, la tension artérielle et l'électrocardiogramme des athlètes car la physiologie étudie les fonctions du corps et de chacun des organes. Grâce à elle, nous apprenons comment leur fonction s'ajuste pour régler notre milieu intérieur.

La fréquence cardiaque et l'ECG sont des moyens pour évaluer les conditions physiques et surtout les capacités cardiorespiratoires des athlètes, c'est-à-dire qu'il y a une valeur normale pour la fréquence cardiaque et pour l'électrocardiographie. C'est la même chose pour la capacité vitale et pour la tension artérielle.

Pour des raisons pratiques, nous avons choisis ces variables car leurs études peuvent se faire à notre niveau, avec parfois du matériel disponible au niveau local.

Notre étude vise à aider les entraîneurs afin qu'ils sachent que tous les athlètes peuvent avoir quelques anomalies et leurs propres problèmes et qu'une bonne et excellente performance ne s'obtienne pas facilement.

## 1.8. LIMITATION DU SUJET

Puisque l'intérêt de notre étude est attiré l'attention des entraîneurs sur les risques de leur métier sur le suivi et le contrôle de leurs athlètes. Quelles que soient les disciplines sportives pratiquées, il y a des effets au niveau du corps. Des effets qui peuvent être positifs ou négatifs, selon le cas et qui conduisent à l'athlète vers des problèmes organiques, par exemple l'existence des troubles neurovégétatifs, les perturbations de fonctionnement normal du système endocrinien et les disfonctionnements immunitaires chez le sujet surentraîné.

Pour que les entraîneurs puissent mieux conduire leur entraînement et aussi pour des questions d'ordre financières, nous porterons notre étude sur des variables simples à évaluer et à manipuler des perturbations physiologiques au niveau de la fréquence cardiaque, de la tension artérielle, de la capacité vitale et de l'électrocardiographie des athlètes.

## 11

La fréquence cardiaque et l'électrocardiographie varient par la consommation d'oxygène et de la production d'anhydride carbonique. Ces processus sont accompagnés de l'adaptation de tout le sujet de prélèvement et de transport des gaz respiratoires et circulatoires et l'expérience montre que les adaptations respiratoires et circulatoires varient suivant les conditions de l'exercice. Notre étude se limitera à des questions simples d'anomalies à manifestations physiologiques abordables à notre niveau.

### 1. 9. PROBLEMATIQUE

La pratique du sport, comme l'athlétisme, ne se conçoit plus comme autrefois où les sportifs et les entraîneurs voient seulement dans le médecin un recours éventuel en cas d'accident. Actuellement, elle exige la participation commune de plusieurs spécialistes (entraîneurs, médecins de sports, cardiologues, physiologistes et masseurs kinésithérapeutes) qui doivent intervenir et contrôler constamment les athlètes lors de l'entraînement. Si un entraîneur veut obtenir de bons résultats, il doit d'abord connaître ses athlètes du bout des doigts, il doit apprécier leurs valeurs physiologiques, puis d'orienter leur programme d'entraînement suivant leurs capacités physiques et suivant les spécificités de chaque individu.

Pour nous malgaches, la poursuite de l'évolution scientifique dans la pratique du sport s'avère encore difficile, car notre économie et notre savoir-faire ne nous le permettent pas. Donc c'est un grand problème qui se présente, car à partir des questionnaires que nous avons distribués aux athlètes, il s'avère qu'à Madagascar, tous les athlètes ne voient le médecin qu'une fois par an pour l'obtention du certificat médical pour l'aptitude physique ou quelques fois dans la saison quand un problème de santé sérieux se présentent, surtout les traumatismes et les blessures musculaires. Aucun ou presque pas de suivi médical n'est fourni même aux athlètes des équipes nationales. L'athlétisme est mieux loti avec la présence permanente du Docteur ZARA au sein de la fédération et ses suivis réguliers des athlètes du Centre d'entraînement d'Alarobia. Ceci est une des causes de la réussite de cette discipline sportive au niveau régional, sans négliger le rôle des techniciens sportifs.

Dans les autres pays étrangers et surtout occidentaux, tous les athlètes, surtout du haut niveau, sont obligés de faire au moins dans la saison un enregistrement de l'électrocardiogramme et les suivis et bilans médicaux se font plusieurs fois dans l'année. Ici à Madagascar, un autre problème se pose car tout le monde peut pratiquer le rôle d'entraîneur même s'il n'est pas à la hauteur et même s'il ne dispose pas des connaissances adéquates. La plupart du temps se sont des ex-athlètes qui ont fini leur carrière sportive. Mais le plus grave c'est que ces ex-athlètes n'ont aucun diplôme sportif, pourtant exigé pour la pratique de ce métier. Par conséquent, ils ne savent pas et ne maîtrisent même pas les impacts

## 12

de la pratique du sport sur le corps humain, que ce soit leurs inconvénients et leurs avantages, sans parler surtout du dosage des méthodes d'entraînement.

Et comme en ce moment, presque tous les entraîneurs sont des anciens athlètes, ils ne font qu'appliquer les mêmes méthodes et les mêmes exercices du temps de leur pratique, sans distinction des épreuves et du sexe. Dans la majorité des cas, ils ne connaissent pas les capacités physiologiques de leurs athlètes et leurs problèmes de santé.

Il est clair que presque tous les athlètes rien que par le fait de pratiquer le sport rencontrent des « anomalies physiologiques » mais dans le cas du sport malgache sa pratique excessive ou mal contrôlée accentuent beaucoup plus ces « anomalies physiologiques ». Et comme le phénomène de surentraînement est dû par à une pratique excessive, dès fois, il s'accompagne d'un état de fatigue générale et d'une baisse de la performance. On le voit apparaître lorsque les phases d'entraînements sont trop longues et, surtout, quand le temps de récupération est trop court entre chaque séance. Ainsi, un entraînement mal conduit provoque des variables physiologiques que l'on appelle « anomalies physiologiques » et dès fois, empêche les athlètes à s'améliorer.

La question principale qui se pose dans notre recherche et de savoir si : « Les anomalies physiologiques existent chez les athlètes malgaches ? Et sous quelles formes apparaissent-elles? »

## **CHAPITRE II**

### **CADRE THEORIQUE**

Dans ce chapitre nous allons approfondir les connaissances sur l'entraînement sportif et ses conséquences.

## 2.1. ASPECTS PHYSIOLOGIQUES DE L'ENTRAÎNEMENT

### 2. 1. 1. Définition de l'entraînement

L'entraînement est une action d'entraîner et une préparation à une compétition dans un sport ou dans une activité quelconque. Ainsi, l'entraînement est un processus systématique et pédagogique. Ce processus se réalise à long terme, il est progressif, il s'adapte aux besoins et aptitudes du sportif. Il se différencie de l'éducation physique et sportive et de l'activité ludique qui vise presque exclusivement la santé et le plaisir de se dépenser physiquement (36).

L'entraînement est aussi considéré comme un ensemble de pratique permettant de supporter sans dommage un travail prolongé ou intense.

Par conséquent, il engage tous les aspects de la personnalité des athlètes et doit être entrepris à tous les points de vue. Il est un ensemble méthodique d'exercices physiques généraux et spéciaux, collectifs ou individuels qui demande beaucoup de temps et demande beaucoup de connaissances théoriques qui peuvent graviter autour de lui :- philosophie, nutrition, biomécanique, croissance et développement, les blessures et les premiers soins et surtout la physiologie.

C'est la raison pour laquelle nous allons étudier et développer plus loin le fonctionnement du cœur, car c'est la base de la poursuite de la performance.

Il existe deux grands types d'entraînement sportif :

- ◊ entraînement en endurance
- ◊ et entraînement en puissance (44),(36)

### 2. 1. 2. Entraînement en endurance

L'entraînement en endurance exige la réalisation d'effort prolongé avec une intensité moyenne ou faible. Il favorise la voie aérobie, c'est à dire l'utilisation de l'oxygène et des graisses. On observe dans le muscle une augmentation de la vascularisation, du nombre de mitochondries et une modification des protéines contractiles, qui évoluent des formes rapides vers les formes lentes. On voit ces changements au bout de quelques semaines d'entraînement mais ils peuvent disparaître à la suite de la pratique des activités sportives (42).

## 2. 1 . 3. Entraînement en puissance

Cet entraînement vise à améliorer la vitesse et la force, il repose sur des différentes bases. Il s'agit d'exercices courts, rapides et intenses, comme le sprint et la musculation. Mais ces exercices doivent également être pratiqués plusieurs fois par semaine et ils entraînent une augmentation de la force musculaire, ainsi qu'une hypertrophie des muscles.

Cette hypertrophie est due à la multiplication des myofibrilles et à un accroissement de diamètre des fibres rapides (42).

## 2. 1. 4. But et Principes de l'entraînement

Le but de l'entraînement est de viser l'amélioration de la puissance du muscle et son endurance, sa capacité à effectuer des exercices de longue durée. Il constitue à reculer les limites de la fatigue, à faciliter la récupération et à augmenter la charge de travail.

Il a pour objectif :

1. D'amener le sportif au mieux de son « état de forme » pendant les périodes de compétition.

2. Et d'améliorer la performance dans une discipline choisie(33).

Son principe est la connaissance des processus physiologiques, permet désormais à l'entraîneur une organisation plus rationnelle de son plan de travail de façon, sur toute une carrière, sur une ou plusieurs saisons à pouvoir améliorer le potentiel énergétique et les facteurs d'exécution.

L'ensemble de cette organisation se fonde sur l'application de plusieurs principes (32) :

-Le principe d'individualisation qui dépend des besoins spécifiques et des capacités des individus

-Le principe de spécificité qui sont les adaptations de l'entraînement sur la spécificité de la discipline (volume, intensité, puissance)

-Le principe de la régularité. La pratique régulière de l'exercice améliore la capacité des muscles à produire plus d'énergie et à résister à la fatigue.

-Le principe de progressivité. Pour améliorer la force, les muscles doivent travailler sur des exercices en progression de charge de l'intensité et surcharge.

-Le principe d'alternance. A chaque entraînement et à chaque exercice l'athlète doit avoir une récupération ou un repos qui peut être actif ou passif.

-Le principe de périodicité. Il faut que l'entraînement soit planifier sous forme de cycle progressif.

En conclusion, l'entraînement doit être bien planifier par rapport au niveau d'un athlète (33),(32).

## 16

### 2. 1. 5. Bases physiologiques de l'entraînement sportif

D'après la définition ci-dessus, il y a deux types d'entraînement sportif et chaque type d'entraînement a les bases physiologiques.

#### A. BASES PHYSIOLOGIQUES DE L'ENTRAÎNEMENT EN ENDURANCE

Sur ce sujet, le système respiratoire joue un rôle plus important, c'est à dire la consommation d'oxygène ou le pouvoir de réserve d'oxygène pendant l'effort.

Premièrement, le quotient respiratoire qui est le rapport entre le dioxyde de carbone largué par l'organisme et l'oxygène consommé par les dégradations métaboliques. Il reflète le type de substrats utilisé comme source d'énergie. Après un entraînement aérobie il s'abaisse, Cette adaptation résulte d'une meilleure utilisation des acides gras libres

Il est le reflet d'une hyperventillation prolongée et d'un rejet très important de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>).

Deuxièmement, la consommation d'oxygène maximale est souvent considérée comme le meilleur indicateur de l'aptitude cardiorespiratoire à l'endurance. Toutes les adaptations liées à l'entraînement aérobie contribuent à augmenter le volume d'oxygène maximal (VO<sub>2</sub> MAX).

Troisièmement, l'entraînement aérobie augmente le volume sanguin total, plus l'entraînement est intense et plus cet effet est sensible. Il s'agit d'ailleurs d'une augmentation du volume plasmatique.

Il y a deux mécanismes qui y participent. Le premier mécanisme a pour effet d'élever la production d'hormone anti-diurétique (A.D.H.) et aldostérone qui favorise l'augmentation de volume plasmatique. Le deuxième mécanisme élève la concentration des protéines plasmatiques, C'est le premier régulateur de la pression osmotique.

#### B. BASES PHYSIOLOGIQUES DE L'ENTRAÎNEMENT EN PUISSANCE

Ici nous parlons des activités de courtes durées mais à contraction rapide. Alors on doit avoir beaucoup d'énergie à court terme.

Adaptation du système A.T.P-PCr( Adénosine Triphosphate-phospho-Créatine)

D'après la réaction de LOHMAN (32) A.T.P  $\rightleftharpoons$  A.D.P.+P.+E.

Dans les activités qui requièrent une production maximale de force, on fait appel au système A.T.P-PC pour fournir l'énergie nécessaire aux contractions musculaires. Tous ces efforts très brefs nécessitent une dégradation et une resynthèse très rapide de l'A.T.P. et de la P.C.

## 17

Les exercices très brefs et très intenses et peuvent améliorer la force musculaire ainsi que la performance mais contribuent très peu à développer le système A.T.P.-P.C.

### Adaptations du système glycolitique

L'entraînement anaérobie augmente l'activité d'un certain nombre d'enzymes de la glucose. Un tel entraînement améliore la capacité anaérobie et permet au muscle de développer des tensions plus importantes pendant des temps longs. L'amélioration des performances résulte de gain de force musculaire lié à ce type d'entraînement que de l'amélioration de la production d'A.T.P.

### Le pouvoir tampon:

L'entraînement anaérobie permet au muscle de mieux tolérer l'acidose liée à la stimulation de la glycolyse. Des substances tampons (bicarbonate et les phosphates musculaires) se combinent avec les ions hydrogène pour limiter l'acidité musculaire. Ce qui a pour effet de retarder l'apparition de la fatigue lors de ces exercices. La conséquence de cette adaptation est la résistance d'un athlète face à l'accumulation de l'acide lactique dans le muscle et dans le sang (7),(8).

## **2. 1. 6.Effets de l'entraînement sur la performance**

Le sport a maints effets positifs, aussi bien sur l'organisme que sur le « mental », car il est un facteur d'harmonie dans la « gestion » de son propre corps, à de nombreux points de vue. En améliorant les performances musculaires et la coordination des gestes, le sport aide à la constitution d'une meilleure image de soi-même. Il permet de prendre conscience de ses capacités et de ses limites

Il a un effet relaxant bien connu, et participe à la régulation des grandes fonctions de l'organisme : Le sportif dort mieux, s'alimente correctement et, est souvent obligé, s'il veut rester à un bon niveau, d'éliminer au moins partiellement de mauvaises habitudes comme le tabagisme.

Pratiqué de façon modérée mais continue, tout au long de la vie, il a un effet remarquable sur le système cardiovasculaire et respiratoire. Le cœur sportif est plus lent, plus fort, et présente moins de risque d'insuffisance cardiaque. L'amélioration des deux systèmes montre une bonne condition physique, pour pouvoir résister à l'effort, et pour améliorer de la performance.

L'entraînement provoque plusieurs effets :

◊ Il réduit les facteurs de risque sur les accidents pendant les compétitions. Chez les sujets à l'hypertension artérielle, il diminue les chiffres tensionnels de 10 mmHg.

## 18

- ◊ Il permet un meilleur contrôle du poids et limite le risque de diabète,
- ◊ Psychologiquement, il diminue le stress pendant la compétition,
- ◊ Il sert de prévention à la maladie coronarienne, qui influent sur la fonction myocardique.

En conclusion, l'entraînement conduit l'athlète en mieux affronter la durée de l'activité choisie pendant la compétition, tout en améliorant une bonne performance.

L'Homme ajuste ses fonctions cardiovasculaires et respiratoires à l'augmentation de la demande énergétique. Mais l'entraînement consiste en une répétition de l'exercice qui induit une adaptation de ces systèmes contribuant à l'amélioration des qualités des athlètes. (32)

### 2. 1. 7. Adaptations cardiovasculaires à l'entraînement

Le système cardiovasculaire relie toutes les parties du corps en une unité fonctionnelle. Ses fonctions principales consistent à ravitailler en substrats nutritifs et en oxygène, ainsi qu'à éliminer les produits terminaux du métabolisme. Dans cette adaptation, le muscle cardiaque développe la force motrice pour faire circuler le flot sanguin en fonction des besoins de l'organisme. Mais l'entraînement induit un certain nombre d'adaptations cardiovasculaires qui concernent d'autres paramètres.

Etudions, de près le cœur qui est un organe clé de l'être humain

## 2. 2 STRUCTURE ANATOMIQUE DU COEUR

### 2. 2. 1. Définition

Le cœur est un muscle de forme conique, creux, et situé entre les deux poumons. La taille du cœur d'un adulte moyen correspond environ à la grossesse d'un poing.

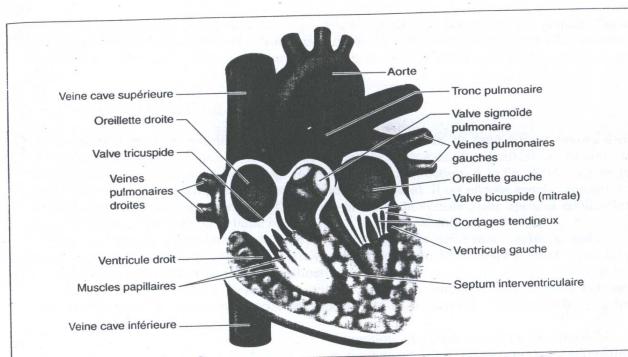


Figure 7.1 : Anatomie du cœur humain. 32

### Schéma n°1 : Anatomie du cœur humain

## 19

Cependant, certains facteurs peuvent influencer son mode de fonctionnement. Ces différents facteurs sont : l'âge, la maladie, la constitution physique et l'entraînement en endurance. Chez les sujets non entraînés, le poids du cœur varie entre : 250 à 300 g pour les femmes et 300 à 350g pour les hommes. Alors que son volume est environ de 500ml à 600 ml chez les femmes et de 700ml à 800ml chez l'homme.

Il est constitué de trois couches différentes :

- L'endocarde, la partie interne,
- Le myocarde, la partie musculaire
- L'épicarde, la partie externe

Le cœur est également entouré d'une enveloppe, le péricarde.

Il est constitué aussi de deux oreillettes(gauche et droite) ou cavités qui reçoivent le sang et deux ventricules (gauche et droite) ou cavités qui éjectent le sang.

Le cœur joue le rôle essentiel de pompe, il fait circuler le sang dans tout les systèmes vasculaires grâce à la fonction de deux systèmes du pompage de la myocarde (32),(15)

### 2. 2. 2. Le cycle cardiaque

Il est défini comme l'ensemble des évènements survenants entre deux contractions successives du cœur. Il associe sur le plan mécanique la succession d'une diastole ventriculaire et d'une systole ventriculaire.

Pendant la diastole, les ventricules se remplissent de sang, par contre, pendant la systole les ventricules se contractent et éjectent leur contenu.

La durée du diastole est supérieure à celle de la systole au repos.

Un cycle cardiaque dure 0,81 secondes. La diastole occupe 62 % du cycle (0,50s), la systole 38 % soit 0,31s). (32)

### 2. 2. 3. La fonction cardiaque

Comme nous l'avons vu précédemment, le cœur a une fonction de pompage qui permet d'amener l'oxygène et divers substrats aux cellules de l'organisme. En plus, il a pour fonction de transporter les déchets du métabolisme vers les organes excréteurs. Selon les besoins, le cœur doit pomper plus ou moins de sang (6).

### 2. 2. 4. le volume d'éjection systolique

Le volume d'éjection systolique (V.E.S.) représente le volume de sang qui est envoyé dans la circulation sanguine à chaque contraction du myocarde. A la fin de la diastole, juste avant la contraction, le remplissage ventriculaire est maximal. Il est encore appelé volume « télé -diastolique » ou fin de

## 20

diastole (V.T.D.). Et à la fin de la systole juste après la contraction et donc de l'éjection, il persiste un volume résiduel ou « volume téléstolique » (V.T.S).

Ainsi, le volume d'éjection systolique correspond à la différence entre le volume télé diastolique et le volume téléstolique. Cela représente environ 70 ml pour le sujet normal non entraîné et au repos. Son unité est le millimètre (ml).

La valeur du volume d'éjection systolique est en étroite corrélation avec le volume du cœur. Il est variable mais cette variation dépend de trois facteurs, la longueur des fibres musculaires du myocarde, la pression de l'aorte (résistance périphérique) et finalement, il est influencé par le sympathique, c'est à dire l'accroissement de la contractilité de myocarde.

Le volume télé diastolique est le volume de sang restant dans le ventricule gauche à la fin de la diastole.

Le volume téléstolique est le volume de sang restant dans le ventricule gauche à la fin de la systole (1).

### 2. 2. 5. Le débit cardiaque

Le débit cardiaque représente la quantité de sang par unité de temps qui est envoyé par le cœur dans le système circulatoire. Habituellement, le débit cardiaque se symbolise par  $Q$ .

C'est le produit du volume d'éjection systolique par la fréquence cardiaque.

$Q = V.E.S \times F.C.$

Son unité est le litre par minute (L/ min).

Au repos, pour un sujet normale non entraîné, le débit cardiaque est environ 5L/min et peut augmenter lors d'un effort intense (32),(23).

### 2. 3. L'EFFETS DE L'ENTRAÎNEMENT SUR LES MUSCLES

L'entraînement entraîne des modifications au niveau musculaire. Ces modifications sont de plusieurs ordres :

- Des modifications structurales
- Des modifications biochimiques
- Des modifications nerveuses

## 21

### 2. 3. 1. les modifications structurales

En générale, l'entraînement détermine une augmentation de volume musculaire. La force musculaire dépend directement de la section du muscle. Il y a une hypertrophie musculaire. Les causes de cette hypertrophie sont de quatre sortes :

◊ Une augmentation des myofibrilles. Cette augmentation conserve à la fois la taille et le nombre de myofibrilles.

Ceci est dû d'une part à l'addition de filaments de myosine et d'actine et d'autre part à l'augmentation des myofibrilles.

◊ Une augmentation des tissus conjonctifs. Un travail musculaire régulier entraîne un épaississement et un durcissement de sarcolème de la fibre musculaire avec l'augmentation de la quantité du tissu conjonctif. L'effort d'endurance entraîne une augmentation de poids tendineux.

◊ Une augmentation de la vascularisation. On constate que le nombre de capillaire sanguin par fibre est deux fois plus important chez les culturistes que chez l'individu sédentaire.

D'une façon générale, au cours d'entraînement, il y a une multiplication de nombre capillaire surtout au niveau des membres inférieurs et au niveau du cœur. Une augmentation de l'ordre de 40 à 45 % par rapport au sujet non entraîné. Cette amélioration de vascularisation favorise surtout l'acquisition de l'endurance.

◊ Une hypertrophie de fibre musculaire. C'est l'augmentation de la taille de fibres musculaires consécutive à un travail avec charge important et les deux types de fibres. Il y a une augmentation de fibres rapides.

### 2. 3. 2. les modifications biochimiques

Il y a 3 types de modifications biochimiques à la suite de l'entraînement :

• Modification enzymatique. Augmentation de nombre et concentration de l'enzymes suite à l'hypertrophie musculaire et qui facilite le processus d'oxygène au niveau musculaire.

• Modification de substrat. Il y a une élévation de la concentration de substrats à haute énergie comme la phospho-créatine (P.C.) et adénosine tri-phosphate (A.T.P.) et une élévation de taux de glucose aussi.

• Modification hormonale pendant l'entraînement. La concentration de testostérone augmente progressivement. Il y a une relation positive entre l'élévation de testostérone et l'augmentation de la fibre musculaire car la testostérone est une hormone anabolisante qui favorise la synthèse de protéine par augmentation et ensuite par la masse musculaire.

### **2. 3. 3. Les modifications nerveuses**

Elles représentent une élévation de la masse musculaire et elle n'est pas la seule cause de l'amélioration de force mais des modifications nerveuses sont aussi importantes (44).

Passons maintenant à la fonction respiratoire.

## **2. 4. LES ADAPTATIONS RESPIRATOIRES A L'ENTRAÎNEMENT**

L'organisme humain a un besoin permanent d'énergie afin de maintenir ses fonctions vitales et ses échanges avec le milieu. L'apport d'oxygène permet la production d'énergie par un processus de combustion des substrats énergétiques dans l'organisme.

Les réactions d'oxydation des substrats dérivent de la nourriture absorbée et aboutissement à la formation d'eau ( $H_2O$ ) et de gaz carbonique ( $CO_2$ ) et d'adénosine tri-phosphate (A.T.P). La consommation d'oxygène et la production du gaz carbonique sont aux centres des échanges gazeux dans la respiration (23).

### **2. 4. 1. La ventilation pulmonaire**

La ventilation pulmonaire est le processus par lequel l'air entre et sort des poumons.

Elle correspond à l'ensemble de processus qui président à l'entrée et la sortie d'air des poumons et comporte deux phases, l'inspiration et l'expiration.

L'inspiration est un processus actif. La contraction des muscles diaphragmatique et intercostaux externes augmentent. Les dimensions de volume de la cage thoracique. Cela diminue la pression dans le poumon favorisant l'entrée d'air.

L'expiration normale est un processus passif. Elle résulte du relâchement des muscles inspiratoires et du recul élastique des poumons assurant le retour de la cage thoracique à ses dimensions initiale.

Cela augmente la pression dans le poumon en favorisant la sortie d'air (23).

## 2. 4. 2. Le volume ventilatoire.

Ce volume représente le produit de la fréquence respiratoire par le volume d'air respiré qui est le volume courant durant une minute.

Durant un effort, la ventilation s'adapte en fonction des besoins en oxygène. L'augmentation de volume ventilatoire permet d'accroître le transport d'oxygène vers les tissus qui sont impliqués dans l'effort. Il est réglé par les centres respiratoires cérébraux de sorte que des cellules puissent être couvertes à tout moment.

Au repos, le volume respiratoire est de 6 à 8 litres par minute, par contre il peut atteindre jusqu'à 100 à 200 litres par minute lors d'un effort.

Sa valeur s'obtient en fonction de la capacité vitale, de l'âge, de la maladie, du niveau d'entraînement et, par augmentation de la fréquence respiratoire ou de volume courant (5),(6).

## 2. 4. 3. Méthode de transport de l'oxygène et de dioxyde de carbone

L'oxygène est transporté dans le sang sous deux formes, soit sous forme liée, c'est-à-dire combinée à l'hémoglobine (hb) des globules rouges, soit sous forme dissoute dans le plasma.

Le volume sanguin total, environ 5 litres, renferme seulement 9 à 15 ml d'oxygène sous forme dissoute. Cette quantité très limitée ne peut suffire aux besoins de l'organisme qui exige au repos environ 250ml d'oxygène par minute.

Heureusement, le sang transporte sous forme liée 70 fois plus d'oxygène grâce à l'hémoglobine contenue dans les innombrables globules.

En conclusion, c'est le système cardiovasculaire et le système respiratoire qui jouent un rôle primordial de l'entraînement en endurance (32).

Ayant vu, la fonction cardiovasculaires et respiratoires, faisant une analyse approfondie de l'entraînement.

## 2. 5. LES INCONVENIENTS DE L'ENTRAINEMENT

Le mauvais entraînement ou le syndrome du surentraînement est bien connu des sportifs, car il conduit à des contre-performances parfois étonnantes que l'on met souvent sur le compte d'une « mauvaise forme ». Tout entraînement de longue durée a fortiori s'il doit conduire un jour à la compétition de haut niveau, doit être réalisé sous la conduite d'un entraîneur spécialisé, car il est très facile de commettre des erreurs qui empêchent parfois de continuer l'exercice sportif ou représentent un danger pour l'organisme. (41).

## 2. 5. 1. Le surentraînement

Le phénomène de surentraînement est dû à sa pratique excessive qui s'accompagne d'un état de dépression. On le voit apparaître lorsque les phases d'entraînement sont longues et, surtout, quand le temps de récupération est trop court entre chaque séance. Il se manifeste par une baisse sensible des performances et une baisse des capacités sportives. Beaucoup de signes apparaissent malheureusement tout à fait individuels et inconstants ; il se manifeste par plusieurs signes :

### A. LES MANIFESTATIONS NEUROVEGETATIVES

Chez certains sujets surentraînés, il existe des troubles neurovégétatifs. Chez eux, la réduction de performance s'accompagne en effet, de perturbations d'ordre nerveux ou endocrinien de type sympathique selon le cas :

#### Premier cas

- Les manifestations sympathiques s'expriment par :
- Une augmentation de la pression artérielle,
- Une accélération de la fréquence cardiaque au repos,
- Une perte d'appétit,
- Une perte de poids,
- Des troubles du sommeil,
- Une instabilité émotionnelle,
- Et une augmentation du métabolisme de base.

#### Deuxième cas

Les manifestations parasympathiques qui dominent le plus. Dans ce cas, la performance est également altérée mais les symptômes sont tout à fait différents des précédents. Il s'agit de :

- Une fatigabilité accrue,
- Une diminution de la fréquence cardiaque au repos,
- Une décélération cardiaque rapide à l'arrêt de l'exercice,
- Une diminution de la pression artérielle au repos

La plupart de ces signes peuvent s'observer chez des sujets qui ne souffrent en aucun cas de surentraînement. Donc ces symptômes ne sont pas spécifiques.

## B. LES MANIFESTATIONS HORMONALES

Les dosages sanguins hormonaux effectués en période d'entraînement intense suggèrent que le stress associé à ce type d'entraînement perturbe le fonctionnement normal du système endocrinien. Quand la charge d'entraînement est multipliée par 1,5 à 2, le niveau sanguin de thyroxine et de testostérone diminue alors que le niveau de cortisol augmente.

Ainsi le rapport testostérone sur cortisol, mesuré pendant la récupération et le témoin de l'anabolisme diminue.

La diminution de ce rapport indique, en effet, qu'au niveau cellulaire, les réactions cataboliques provoquent des troubles des cycles menstruels chez les femmes.

Habituellement, en période d'entraînement intense, des concentrations sanguines d'adrénaline et noradrénaline sont particulièrement élevées au repos. Ces deux hormones augmentent à la fois la fréquence cardiaque et la pression artérielle. Il serait donc intéressant de les contrôler chez les sportifs.

## C. LES MANIFESTATIONS IMMUNITAIRES

Le système immunitaire constitue le système de défense contre les bactéries, les virus, les parasites et les cellules tumorales.

Un des effets essentiels du surentraînement est précisément de diminuer le pouvoir de défense du système immunitaire.

La fonction immunitaire est perturbée chez le sujet surentraîné, et qui devient particulièrement vulnérable aux infections.

Ces manifestations viennent des exercices brefs et intenses ou des types d'exercices répétés plusieurs jours de suite.

De nombreux scientifiques ont rapporté une augmentation de l'incidence des surinfections après un exercice isolé mais exhaustif. Donc la dépression immunitaire observée par des niveaux anormalement bas d'anticorps et de lymphocytes devient insuffisant pour stopper toute invasion par les micro-organismes infectieux.

Le surentraînement se manifeste donc par une baisse sensible des performances et un état dépressif inexplicable, qui n'est pas seulement causé par la baisse des capacités sportives. Il suscite de nombreux désordres biologiques et humoraux. Parmi lesquelles on observe une dégradation accrue des protéines, des troubles du cycle menstruel chez la femme, une anémie, une réduction des réserves en glycogènes, une diminution de la force musculaire (42),(32)

Quelles sont les principaux types d'affections cardiovasculaires ?

## 2. 6. LES PRINCIPAUX TYPES D'AFFECTIONS CARDIOVASCULAIRES

Dans beaucoup de maladies chroniques dégénératives comme dans les maladies cardiaques, le processus pathologique progresse très insidieusement et ne devient perceptible par le sujet qu'à un stade de complication souvent grave et parfois mortel. Les pathologies cardio-vasculaires sont nombreuses et de différentes natures. Nous nous limiterons ici à préciser sur celles qui sont les plus fréquentes.

### 2. 6 . 1. la maladie coronarienne

Au fur et à mesure que le sujet vieillit, le calibre des artères coronaires des vaisseaux artériels vascularisés le cœur, lui-même tend à se réduire par formation de la paroi interne de ces vaisseaux, des plaques ou dépôts de graisses. Ce processus pathologique qui peut concerner l'ensemble du système artériel constitue « l'athéromateuse ».

L'athéromateuse est un processus pathologique se traduisant par une perte d'élasticité, un épaississement et un durcissement des parois artérielles accompagnées des dépôts de graisses qui entraînent progressivement l'obstruction des vaisseaux. Quand celle-ci atteint les artères coronaires, on parle des maladies coronariennes. Au fur et à mesure que les plaques se développent, la lumière des vaisseaux diminue de plus en plus et le volume du sang est apporté au myocarde.

Si le débit sanguin dans un territoire myocardite est sévèrement réduit parce que l'obstruction des artères coronaires est presque totale ; l'ischémie devient majeure et peut conduire à l'infarctus du myocarde. Dans ce cas, le myocarde est privé d'oxygène pendant plusieurs minutes et devient le siège des lésions cellulaires irréversible.

Le taux de progression de l'athéromateuse est essentiellement conditionné par les facteurs génétiques et le mode de vie. Ici le tabagisme, le régime alimentaire, l'activité et le stress jouent un rôle prépondérant. Chez certains sujets, l'affection progresse si vite que l'accident cardiaque survient de 30 à 40 ans. Pour d'autres, l'affection est si lente qu'elle touche la vie asymptomatique (31).

## 2. 6. 2. L'hypertension artérielle

On parle d'hypertension artérielle lorsque la valeur de la pression artérielle se situe, lors de mesures répétées au-dessus des limites normales pour l'âge et la taille. Le premier facteur qui conditionne le niveau de pression artérielle est la taille. Ainsi, les enfants et les jeunes adolescents ont des pressions artérielles plus faibles que celles des adultes.

Si l'hypertension artérielle est très rare chez l'enfant, elle peut apparaître à l'adolescence.

Toute pression artérielle anormalement élevée augmente le travail du cœur car le ventricule gauche doit se contracter davantage pour vaincre la résistance induite par cette hypertension.

L'hypertension artérielle constitue également une contrainte supplémentaire pour l'ensemble de la circulation artérielle systématique. Tout ceci entraîne donc à long terme une augmentation des dimensions cardiaques et une modification des parois artérielles qui deviennent plus rigides.

Elle peut favoriser alors la survenue de « l'athéromatose », d'accident cardiaque vasculaires cérébraux et des problèmes rénaux.

## 2. 6. 3. L'accident vasculaire cérébral

L'accident vasculaire cérébral (A.V.C) est une pathologie des vaisseaux artériels du cerveau.

La cause essentielle d'accident vasculaire cérébral est l'infarctus cérébral. Celui-ci peut entraîner :

L'obstruction d'une artère cérébrale par un caillot de sang, en général à l'endroit d'une lésion athéromateuse.

La migration d'amas divers, des vaisseaux artériels en amonts jusqu'au vaisseaux artériels obstrués.

De lésions athéromateuse sévères ayant conduit à un rétrécissement considérable, voire total de la lumière du vaisseau.

Dans tous les cas, le débit sanguin en aval de la lésion est sévèrement réduit. Le territoire cérébral correspondant n'est plus correctement vascularisé ni oxygéné.

L'hémorragie est une autre cause d'accident vasculaire cérébral. Il peut s'agir soit d'une hémorragie cérébrale par rupture d'un des artères du cerveau ou d'une hémorragie méningée par rupture de vaisseaux situés en surface du cerveau, dans les espaces méningées.

Dans des cas plus rares, l'hémorragie cérébrale peut provenir de la rupture d'un anévrisme, malformation vasculaire constituée de vaisseaux distendus à paroi fragile. Cette rupture peut être favorisée par un accès hypertension ou une lésion athéromateuse. Comme dans l'infarctus du myocarde, l'A.V.C s'accompagne souvent de la mort du tissu lésé.

## 2. 6. 4. L'Insuffisance cardiaque

L'insuffisance cardiaque est un processus pathologique caractérisé par l'incapacité du cœur pour maintenir le débit cardiaque suffisant et aussi pour répondre au besoin de tout l'organisme en oxygène. Il résulte, en général soit d'une lésion cardiaque antérieure, soit d'une surcharge de travail du cœur.

L'hypertension artérielle, l'athéromatose et la maladie coronarienne peuvent donc conduire à ce disfonctionnement.

Quand le débit cardiaque est insuffisant, le sang tend à s'accumuler dans le territoire veineux et dans les extrémités inférieures entraînant l'apparition d'œdèmes.

Cette accumulation de liquide peut aussi affecter le territoire pulmonaire et engendrer des difficultés respiratoires.

Lorsque l'insuffisance cardiaque est très évoluée et irrésistible, on peut proposer une transplantation ou greffe du cœur.

## 2. 6. 5. Les autres affections cardio-vasculaires

Parmi les autres affections cardio-vasculaires, il faut citer :

1. Les affections vasculaires périphériques. Elle concerne l'ensemble des vaisseaux, artères ou veines de la circulation systématique autre que les coronaires.

2. Les maladies valvulaires. Elles peuvent concerter les quatre valves cardiaques auriculo-ventriculaires ou sigmoïdes qui contrôlent les sens d'écoulement du sang dans les cavités cardiaques et les vaisseaux artériels.

3. Le rhumatisme articulaire aigu. Il s'agit d'une forme particulière de lésion valvulaire dont l'agent responsable est infectieux, le streptocoque.

4. Les malformations congénitales. Toute anomalie de l'anatomie du système cardio-vasculaire présente à la naissance, constitue une malformation congénitale. Ces anomalies résultent d'un trouble du développement de ces organes pendant la vie embryonnaire ou fœtale(4), (29), (25)

Passons maintenant à l'étude morphologique de l'homme, centre de notre recherche.

## 2. 7. LA MORPHOLOGIE

L'importance des compétitions sportives chez les jeunes obligent à connaître les bases physiologiques de leur croissance et de leur développement. Les capacités physiologiques sont dictées par le développement et la croissance des différents tissus et organes, qu'ils soient osseux, musculaires ou nerveux. Étudions donc la croissance et ses effets sur les aptitudes physiques.

### 2. 7. 1. La taille et le poids

Beaucoup d'études se sont attachées à analyser les modifications de la taille et du poids qui accompagnent le phénomène de croissance. Ce sont, en effet, les deux variables les plus utilisées pour décrire l'évolution de l'individu, durant cette période.

La taille augmente très vite pendant les deux premières années de la vie. En effet, l'enfant atteint à peu près la moitié de la taille adulte vers 2 ans. Par la suite tout au long de l'enfance, la taille augmente plus lentement jusqu'à la taille définitive.

### 2. 7. 2. le tissu osseux

Les os, les articulations, les cartilages et les ligaments forment le support structural du corps. Les os fournissent aux muscles leurs points d'encrage, protègent les tissus délicats, et sont des réservoirs de calcium et de phosphore. Très tôt, chez le fœtus l'os commence à se développer sous forme de cartilage. Pendant le développement fœtal et pendant les 14 à 22 premières années de la vie, membranes et cartilages se transforment en os par le processus dit « d'ossification ».

### 2. 7. 3. L'obésité

Dans le langage courant, les termes de surcharge pondérale et obésité sont souvent confondus. Il s'agit en effet de deux processus bien distincts :

## 2. 7. 4. La surcharge pondérale

Peut être définie comme un poids supérieur à la normale pour une taille donnée.

Par contre, l'obésité est définie par un taux de graisse excessif.

Pour pouvoir en juger, il faut nécessairement mesurer ou estimer le taux de graisse.

En moyenne, après 25 ans, la prise de poids est estimée aux environs de 0,5kg / année.

## 2. 7. 5. Le contrôle de poids corporel

Pour bien comprendre comment se constitue l'obésité, il faut rappeler les principaux mécanismes qui régulent le poids corporel.

Une prise de masse grasse de 0,7kg / année traduit un déséquilibre de la balance énergétique, entre les entrées et les sorties.. L'organisme est capable de réguler le poids et d'équilibrer la balance énergétique.

## 2. 7. 6. Problèmes liés à la surcharge pondérale et à l'obésité

Le risque essentiel lié à l'obésité est dû à l'excès de graisse. Une surcharge pondérale simple, sans excès de graisse ne doit pas entraîner des risques particuliers.

L'obésité et la surcharge pondérale élèvent le risque de mortalité globale (32).

L'étude du sportif ne peut se faire sans une analyse approfondie d'une discipline sportive. Dans notre cas, nous allons décortiquer une épreuve d'athlétisme, les courses et en particulier la course de demi-fond et de fond, par l'intermédiaire d'une capacité physique, l'endurance.

## 2. 8. LA CAPACITE D'ENDURANCE

### 2. 8. 1. Définition

L'endurance c'est l'aptitude à résister à la fatigue. PRADET (1988), (13), définit l'endurance « comme la faculté de réaliser des actions motrices pendant une durée maximale ». Pour WEINECK(1986), (33), « on entend par endurance, la capacité du sportif à résister à la fatigue ». Alors l'endurance c'est la capacité d'individu pour faire soutenir un effort de longue durée ou soutenir le plus longtemps possible. On le distingue :

1. l'endurance spécifique qui désigne la capacité de l'athlète à résister à la fatigue déterminée dans le cadre d'une discipline donnée.

2. L'endurance générale dépend des qualités fonctionnelles intervenant dans plusieurs types d'activités.

Le terme d'endurance décrit deux concepts différents, mais proches car liés entre eux l'endurance musculaire et l'endurance cardiorespiratoire.

Pour les sprinters, il s'agit de l'endurance musculaire, car il est la qualité qui leur permet de maintenir une grande vitesse de déplacement, sur la plus grande distance possible de course (100m ou 200m).

Au contraire de cette qualité à caractère très locale, l'endurance cardiorespiratoire qui se traduit par une aptitude plus générale et qui concerne l'ensemble de l'organisme. Elle représente l'aptitude à poursuivre des exercices continues ou intermittents. Cette forme d'endurance est fondamentale pour les athlète qui choisi une activité de longue durée.(33),(38)

### 2. 8. 2. Les différentes formes d'endurance

L'endurance peut être classifiée sous différentes formes, selon les points de vue. Sous l'aspect de la musculature mise en jeu, on distingue :

1.L'endurance locale détermine en grande partie la force spécifique, la capacité anaérobie et par les différents types de forces limitant qui sont l'endurance vitesse, l'endurance force et l'endurance explosive. Elle est également limitée par la qualité des coordinations neuromusculaires.

2.L'endurance générale, qui est caractérisée par l'amélioration de la capacité cardiovasculaire, et peut exercer des multiples influences de la nature à limiter la performance.

3.Si l'on se base sur la spécificité par rapport à la discipline, on aura l'endurance spécifique qui est liée à la discipline sportive.

En prenant pour référence le métabolisme énergétique, on parlera de l'endurance aérobie et anaérobie. Dans l'endurance aérobie, la quantité d'oxygène disponible est suffisante pour permettre une combustion oxydative des substrats. Par contre, l'endurance anaérobie, en raison de

## 32

l'intensité élevée de l'exercice, l'oxygène est en quantité insuffisante pour permettre une combustion oxydative, et l'énergie est fournie par voie anaérobie.

Vu sous l'angle de la durée de l'effort, nous avons de :

◊ L'endurance de courte durée (ECD). On trouve des efforts maximums compris entre 45 secondes et 2 minutes dont les besoins énergétiques sont couverts par le processus anaérobie.

◊ L'endurance de moyenne durée (EMD) où l'effort varie entre 2 et 8 minutes et met à la contribution des processus énergétiques anaérobie et aérobie.

◊ L'endurance de longue durée (ELD) où l'effort est de plus de 8 minutes et il est soutenu presque exclusivement par une production d'énergie aérobie.

Pour juger des effets de l'entraînement d'endurance il faut évaluer les qualités aérobies de l'athlète et suivre leur évolution avec l'entraînement (18),(31). Voyons de près alors, la consommation maximale d'oxygène et la puissance maximale.

## 2. 9. LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE ET LA PUISSANCE MAXIMALE

### 2. 9. 1. Le VO<sub>2</sub> max

La plupart des physiologistes de l'exercice musculaire pensent que le VO<sub>2</sub> max ou la P.M.A. sont les meilleurs témoins de l'endurance cardiorespiratoire.

Nous allons définir le VO<sub>2</sub> max comme le volume maximal d'oxygène qui peut être consommé par une unité, lors d'un exercice maximal ou exhaustif. A ce moment, si on augmente l'intensité de l'effort, la consommation d'oxygène n'augmente plus mais stagne en plateau. Ainsi le VO<sub>2</sub> max définit aussi l'intensité la plus élevée que l'on puisse atteindre en utilisant essentiellement les processus métaboliques aérobies.

L'entraînement aérobie améliore le système de transport d'oxygène et la consommation maximale d'oxygène.

## 2. 9. 2. la puissance maximale aérobie

Le plus souvent, le débit maximal des oxydations est mesuré sous forme de débit maximal de prélèvement pulmonaire d'oxygène (VO<sub>2</sub>max) ou sous son expression mécanique, la puissance maximale d'oxygène (P.M.A).

Lorsque la puissance d'exercice est augmentée progressivement, le volume d'oxygène augmente au maximum. Malgré l'augmentation de la puissance à moment donné, le volume d'oxygène n'augmente plus le sujet atteint son débit maximal d'oxygène.

La puissance qui lui correspond est la puissance maximale aérobie.

Le rapport entre la puissance d'exercice et la consommation d'oxygène représente le rendement. Le débit maximal d'oxygène est le volume d'oxygène qui peut être prélevé au niveau pulmonaire, transport au niveau cardiovasculaire par l'hémoglobine du sang et consommé au niveau des oxydations tissulaires en particulier musculaire, rapporté à limiter de temps.

## 2. 9. 3. Le système de transport de l'oxygène

L'endurance cardiorespiratoire est intimement liée à la capacité de transport de l'oxygène nécessaire pour subvenir à la demande des muscles en activités. La fourniture et le transport de l'oxygène sont deux fonctions majeures qui sont à la fois le fait du système cardiorespiratoire et le système respiratoire. Ce que l'on nomme « système de transport de l'oxygène » comprend toutes les composantes de ces deux systèmes, impliqué dans ce transport.

Le fonctionnement de ce système de transport de l'oxygène est le fait de l'interaction entre le débit cardiaque et la différence artéro-veineux en oxygène.

La différence artéro-veineux en oxygène, c'est à dire la différence entre le contenu en oxygène dans le sang artériel et dans le sang veineux mêlé, représente la quantité d'oxygène prélevé par les tissus périphériques.

Le produit de ces deux valeurs indiquent le volume d'oxygène consommé par l'organisme en litre /minute.

Alors la quantité de système de transport de l'oxygène dépend de l'endurance du sujet. L'entraînement aérobie amène de nombreuses adaptations des divers composantes du système de transport de l'oxygène qui le rendent plus efficace.(3),(12),(32)

## 2. 9. 4. Le débit sanguin

Il est bien connu que la demande en oxygène et en nutriment augmente à l'exercice. Pour la satisfaire, il faut améliorer le débit sanguin au niveau d'un muscle actif. Avec l'entraînement, le système cardiovasculaire s'adapte essentiellement par trois facteurs :

1. L'augmentation du nombre des capillaires dans les muscles entraînés
2. La vasodilatation locale et la redistribution sanguine
3. L'augmentation du volume sanguin

Cette augmentation du flux sanguin local est permis par le développement de nouveau capillaire au niveau des muscles des sujets entraînés.

Les capillaires présentent dans les muscles peuvent aussi s'ouvrir d'avantage et assurer une meilleure perfusion des muscles actifs.

Cette adaptation se fait aisément du fait même de l'augmentation du volume sanguin total.

Au niveau de muscle actif, il peut être augmenté par une meilleure distribution de la masse sanguine. Le sang stagne moins longtemps dans le système veineux augmentant la quantité du sang artériel disponible pour les muscles en activité. Il peut être aussi augmenté dans une région bien spécifique d'un groupe musculaire.

En finalité, le volume sanguin total augmente, permettant de faire face à l'augmentation des besoins de l'organisme durant l'activité d'endurance.

En effet l'augmentation du débit sanguin musculaire constitue des facteurs les plus important du gain de performance aérobie.

## 2. 9. 5. Le seuil lactique

Le seuil lactique c'est le point à partir duquel l'acide lactique augmente dans le sang, au-dessus de sa valeur de repos.

L'entraînement aérobie élevé le niveau de seuil lactique. Cette augmentation avec l'entraînement est le résultat de plusieurs facteurs. Ceux-ci inclus une meilleure élimination du lactate produit par les muscles, une concentration plus importante en enzyme musculaire oxydative et une mise en jeu préférentiel des mécanismes oxydatifs. Il s'ensuit une production de lactate plus faible pour un même niveau d'effort.

En revanche, la concentration maximale de lactate atteinte à VO<sub>2</sub> max et la même ou légèrement supérieure, après un entraînement aérobie.

Alors l'élévation du seuil est des facteurs majeurs de l'amélioration de la performance en endurance.

Terminons ce deuxième chapitre par une approche de l'électrocardiographie

## 2. 10. L'ELECTROCARDIOGRAMME

### 2. 10. 1. Définition

L'électrocardiogramme est un appareil d'enregistrement de l'activité électrique du cœur pour aider au diagnostic d'une pathologie cardiaque.

C'est l'enregistrement par galvanomètre des courants appelés « courants d'actions » produit par la contraction du muscle cardiaque que l'on appelle électrocardiographie.

L'électrocardiographie est un mécanisme de contraction qui s'accompagne des phénomènes électriques, qui peuvent être enregistrer par des électrodes externes.

Il y a deux types différents d'appareil d'électrocardiogramme ; le mono piste et le trois pistes.(27),(32)

### 2. 10. 2. L'appareil mono piste

C'est un petit appareil qui peut se déplacer n'importe où, c'est donc un portable très pratique sur le terrain, et on peut le faire marcher par des piles pendant 24 heures, des batteries, et par courants. Dès fois, il est chargeable.

Seulement, pour éviter la parasite, on doit utiliser la masse de terre.

Les parasites donnent des schémas trop noirs ou des schémas en saccadé.

Sur cet appareil mono piste, on emploie un papier cadre spécial à l'appareil qui montre l'électrocardiographie de l'activité cardiaque. Ce papier mesure de 5cm de largeur.(27)

### 2. 10. 3. L'appareil trois pistes

Cet appareil est plus grand, il n'est pas déplaçable et on l'utilise dans les hôpitaux. Il ne marche qu'au courant électrique, on appelle aussi encore le « monotorine ».

Cet appareil n'a pas besoin d'un papier pour montrer son électrocardiographie comme l'appareil mono piste, mais son schéma s'affiche directement sur un écran et on peut l'imprimer.

Le principe d'enregistrement est simple, l'activité électrique du cœur est ainsi transmise grâce aux liquides extracellulaires jusqu'à la peau où elle peut être détecter et enregistrer grâce à un produit sensible appelé électrocardiographe.

## 36

Sur le tracé, on peut individualiser trois complexes :

- L'onde P
- L'onde T
- Le complexe QRS

Voici un exemple d'un tracé d'ECG

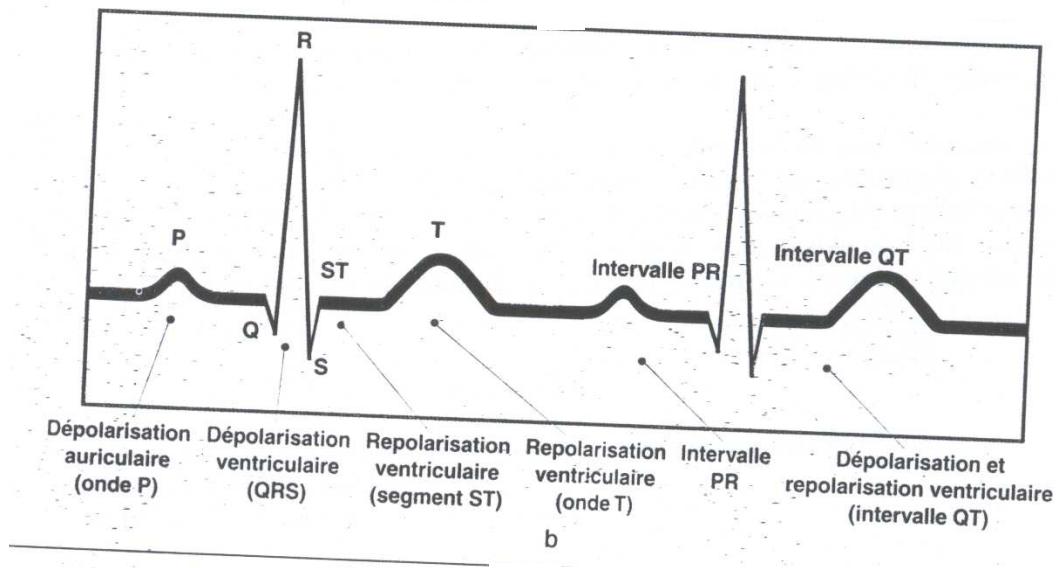


Schéma n°2 :Exemple d'un tracé d'électrocardiographie

Le rythme ou sa vitesse d'enregistrement est de 25 à 50mm /seconde (25mm/seconde à la normale) avec une amplitude de 5-10-20mm/mv. L'amplitude normale est de 10 mm/millivolt L'appareil électrocardiogramme a plusieurs composantes que l'on appelle électrodes, il y a 5 électrodes de couleurs différentes pour l'indication de leurs emplacements pendant l'enregistrement.

- ◊ La couleur jaune : jambe gauche(cheville gauche)
- ◊ La couleur verte : main gauche(poignet)
- ◊ La couleur rouge : main droite(poignet)
- ◊ La couleur blanche : centrale (au niveau de la poitrine)
- ◊ La couleur noire : jambe droite(cheville). (30),(28),(32)

## 2. 10. 4. L'électrocardiogramme d'effort

L'électrocardiogramme d'effort peut être enregistré lors d'un exercice sur tapis ou sur cyclo-ergomètre. L'exercice est en général très progressif pour commencer par une simple marche et se poursuit jusqu'au maximum. L'intensité est bien sûr adaptée au sujet et l'augmentation du charge est progressive.

Sur le tracé, il faut rechercher tout particulièrement l'apparition de signe anormal, comme des troubles de rythmes ou des modifications du segment ST.

L'électrocardiogramme d'effort constitue un outil très intéressant sur le plan médical, car il permet effectivement de dépister des pathologies cardiaques. Il s'agit le plus souvent, d'une pathologie coronarienne.

La spécificité correspond à la capacité de l'épreuve à bien distingué les sujets sains. Il permet d'estimer également la capacité physique des sujets et par la même de guider la programmation d'entraînement.

Il est fréquent d'enregistrer l'ECG à l'exercice. Au fur et à mesure que l'intensité de l'exercice s'élève, le cœur s'accélère et sa fréquence augmente pour accroître l'apport sanguin, destiné aux muscles actifs. En présence d'une anomalie de la fonction cardiaque, des modifications particulières de l'électrocardiogramme d'effort constituent indiscutablement un moyen simple et fiable pour enregistrer les variations de l'activité cardiaque à l'exercice aigu et chronique.(32),(3),(15)

## 2. 10. 5. Les troubles du rythme cardiaque

Une irrégularité du rythme cardiaque ou arythmie, peut être découverte fortuitement.

Elle peut être d'une gravité très variable.

Il y a deux types d'arythmies :

1. La bradycardie
2. La tachycardie

La bradycardie représente un ralentissement de la fréquence cardiaque en dessous de 60 battements par minute.

La tachycardie représente une accélération au-delà de 100 battements par minute.

La fonction cardiaque est normale mais sa fréquence est anormale, ce qui peut perturber l'efficacité de la circulation. L'arythmie se traduit par des symptômes divers, comme la fatigue, des sensations de faiblesse ou des vertiges. D'autres arythmies peuvent apparaître comme des contractions prématuées du cœur en extrasystole qui entraînent souvent la perception d'un choc dans la poitrine.

## 38

Les athlètes d'endurance de très haut niveau ont des fréquences cardiaques de repos bas, ce qui constitue une adaptation très avantageuse induite par l'entraînement.

Cette adaptation particulière ne doit pas être confondue avec la bradycardie et qui traduit une perturbation pathologie de la fonction cardiaque au repos (32),(26).

### 2. 10.6. La lecture d'un électrocardiogramme

L'électrocardiogramme est l'enregistrement en fonction du temps de la consommation des potentielles d'action par le myocarde lors de chacune de sa contraction. Les modifications de ses potentielles sont enregistrées sur un papier.

L'électrocardiogramme caractérise par le tracé de courbe et de pics. Sur le tracé, on peut individualiser trois complexes :

- L'onde P traduit la durée et l'étendue de l'excitation des oreilles ou la dépolarisation des oreilles
- Le complexe QRS représente la dépolarisation des ventricules
- L'onde T indique la ré polarisation des ventricules

L'électrocardiogramme clinique comprend 12 dérivations dont trois dérivations bipolaires :

- DI entre bras gauche et bras droit
- DII entre jambe gauche et jambe droite
- DIII entre jambe gauche et bras gauche

et 9 dérivations unipolaires, comprennent trois dérivations unipolaires périphériques :

- VL
- VR
- VF

et 6 dérivations unipolaires thoraciques V1 à V6 :

- V1 bord droit du sternum au 4ème espace intercostale(EI)
- V2 bord gauche du sternum au 4ème espace intercostale(EI)
- V3 à mis distance entre V2 et V4
- V4 à l'intersection entre la ligne médio-claviculaire gauche et le 5ème EI
- V5 à l'intersection entre la ligne axillaire antérieure gauche et le 5ème EI
- V6 à l'intersection entre la ligne axillaire moyenne gauche et la ligne horizontale passant par V4 et V5. (28),(15)

## 2. 10. 7. Utilité de l'électrocardiogramme

Dans le domaine sportif, l'électrocardiogramme est utilisé principalement pour avoir l'enregistrement de la fréquence cardiaque. Ce profil de la fréquence cardiaque peut donner des bons renseignements sur la charge physique et ou pathologique du sport. De plus, l'électrocardiogramme permet de voir une idée des modifications pathologiques ou des adaptations positives liées à l'entraînement :

Une hypertrophie du cœur gauche ou droit, la maladie coronaire, hypertendue ou sujet hypotendu, manque de potassium et le taux de calcium.

Alors, l'électrocardiogramme est utilisé non pas seulement pour voir l'activité mais il peut être nécessaire pour vérifier toutes les maladies physiologiques.

En effet, l'électrocardiogramme est un examen cardiologique dont l'importance est évidente. Il nous apporte des arguments précis, parfois même décisifs dans le diagnostic (28).

Voici alors notre hypothèse de travail

## **HYPOTHESE**

La pratique d'une activité physique et sportive à un certain niveau provoque des changements dans le corps de l'athlète.

Comme Madagascar est en position de leader dans la région Océan Indien en athlétisme en courses de fond et de demi-fond, nous sommes persuadés que nos athlètes présentent ces « anomalies physiologiques » mais à une phase où elles sont encore favorables à la réalisation d'une bonne performance.

L'analyse de ces anomalies permettra à l'entraîneur et aux pratiquants de mieux comprendre les problèmes rencontrés par l'athlète comme la nausée, les crampes, les troubles de sommeil et autres.

## **CHAPITRE III**

### **METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE**

## 42

L'objectif de notre étude est de démontré qu'il existe des anomalies physiologiques chez les athlètes et que ces anomalies peuvent avoir des répercussions sur la performance pour le moment que nous considérons comme positives.

Il existe une multitude de tests et de moyens d'évaluation cardiovasculaire pour déterminer les capacités physiques et physiologiques d'un individu. Notre cadre théorique du chapitre II a traité en partie ce sujet. Le but de notre recherche est de démontré que la pratique du sport change l'homme physiologiquement et améliore sa santé. Le plus value de cette pratique sportive et de ces changements physiologiques se traduit dans la plupart du temps par une amélioration de la performance. Seulement, les changements physiologiques observés chez les sportifs n'aboutissent pas toujours à une amélioration de la performance mais peu dès fois avoir des conséquences néfastes sur celle-ci. Cependant, nous ne développerons pas cette partie négative des changements physiologiques du sportif dans ce mémoire. Nous nous limiterons à ce que nous pouvons démontrer et expérimenter à notre niveau. Les effets de performance se répercutent surtout sur le système circulatoire et notamment sur le système cardiaque et respiratoire. C'est pourquoi, notre partie expérimentale se porte sur une comparaison des données physiologiques des sportifs et en particulier les athlètes par rapport à un profane. Notre but est de démontré que les normes physiologiques des athlètes dépassent largement celles de ce qui ne pratiquent aucune activité sportive. Notre recherche se basera alors sur une analyse approfondie de la fréquence cardiaque, de la capacité vitale, de la tension artérielle et enfin de l'électrocardiogramme. Il est vrai que beaucoup d'autres moyens pouvaient être exploiter pour aboutir à nos résultats mais pour des raisons de praticabilité et surtout pour des raisons temporelles, nous nous sommes limités à ces quatre variables.

Tout d'abord, abordons la partie de la fréquence cardiaque. En effet notre première expérimentation se base sur cette variable.

Avant d'aborder notre partie expérimentale, voyons de près ce que c'est la fréquence cardiaque.

### 3. 1. LA FREQUENCE CARDIAQUE

#### 3. 1. 1. Définition

On entend par fréquence cardiaque, le nombre de battements du cœur par minute. C'est le reflet du travail qui doit être fourni par le cœur pour répondre à l'augmentation des besoins imposée par l'exercice (44). C'est l'un des paramètres cardiovasculaires le plus facile à mesurer car il suffit de prendre le pouls soit au niveau de l'artère radiale, soit au niveau de l'artère carotide, ou enfin au niveau du thorax (32). Il existe plusieurs types d'appareils pour la mesurer. Tout d'abord, on distingue le cardiofréquencemètre et la ceinture thoracique qui nous affichent tout de suite les résultats obtenus. Ensuite nous avons le chronomètre qui est le moyen le plus simple et le plus courant chez les professeurs d'éducation physique et sportive. Il y a deux manières de procéder. La première méthode consiste à calculer la fréquence cardiaque en 10 secondes et de la multiplier par 6

Fréquence cardiaque = Nombre de pulsations mesurées en 10 sec X 6  
La deuxième méthode est à peu près la même chose mais on diminue le temps de prise en 6 secondes et de multiplier le nombre obtenu par 10

Fréquence cardiaque = Nombre de pulsations mesurées en 6 secondes X 10  
Nous préférons la première méthode à la deuxième car cette dernière peut amener à des risques d'erreur.

Enfin, nous avons l'électrocardiogramme. Avec ce dernier le calcul de la fréquence cardiaque est assez complexe. En effet, le calcul de la fréquence cardiaque se fait de la façon suivante :

Tout d'abord, on effectue l'enregistrement de l'électrocardiogramme de l'individu. Avec l'électrocardiographie obtenue, il est possible de calculer la fréquence cardiaque selon les dimensions des carreaux que l'on choisit. La première méthode est de la calculer avec les grands carreaux.

300

$$\text{Fréquence Cardiaque} = \frac{300}{\text{Nombre de grands carreaux}}$$

Par contre, si on exploite les petits carreaux de l'électrocardiographie, nous pouvons utiliser la formule suivante :

1.500

$$\text{Fréquence cardiaque} = \frac{1.500}{\text{Nombre de petits carreaux}}$$

La fréquence cardiaque est une grande utilité pour le contrôle de l'entraînement à l'effort surtout à caractère aérobie.

D'ailleurs, c'est un indicateur indispensable de la charge, car elle nous permet de calculer la valeur physiologique de l'état de l'athlète. En effet, le nombre de pulsations mesuré tout de suite après un effort physique nous permet non seulement de mesurer l'intensité de la charge de travail effectué mais aussi et surtout de déterminer le temps de pause nécessaire à la récupération. De plus, sa prise tout de suite après un exercice physique très intense permet calculer la fréquence cardiaque maximale.

La fréquence cardiaque maximale est la valeur le plus élevée de pulsations qui peut être atteint lors d'un exercice d'intensité maximale à cent pour cent. Toutefois, cette valeur ne peut excéder les 110 pulsations par minute selon l'âge et le sexe (1). La fréquence cardiaque est aussi un indice incontournable pour le travail au seuil anaérobie de l'athlète(1).

Prise au repos, il nous permet de faire un bilan de l'état d'entraînement de l'athlète ou de la condition physique du sportif.

Prise tout juste avant l'effort physique, elle nous permet de vérifier si l'athlète est physiologiquement prêt à subir l'effort demandé.

En conclusion, nous pouvons avancer que la fréquence cardiaque est un indice incontournable et indispensable à l'entraîneur et à l'athlète.

### **3. 1. 2. La fréquence cardiaque au repos**

C'est le nombre de pulsation cardiaque le matin au réveil, c'est-à-dire lorsqu'on a pas encore pratiqué une activité physique ou au repos total (32).

On peut la mesurer en prenant le pouls seulement au moment du réveil.

En général, elle a une valeur moyenne entre 70 à 80 pulsations par minute (7),(8) :

- 78 pulsations par minute chez l'homme (7).
- 84 pulsations par minute chez la femme (8).

Mais ces valeurs sont très variables d'un sujet à l'autre, selon le sexe, selon l'âge de sujet, selon la nature du travail effectué, selon la composante émotionnelle et enfin selon la température et l'hygrométrie ambiante.

Pour s'en rendre compte, il suffit de faire une comparaison de la fréquence cardiaque au repos et de la fréquence cardiaque après un exercice physique.

### 3. 1. 3. La fréquence cardiaque pendant l'activité physique

Les pulsations cardiaques au cours d'une activité physique augmentent de fréquence et peut atteindre une valeur maximale, c'est la fréquence cardiaque maximale.

Cette augmentation rapide se fait au prorata de l'intensité de l'exercice. La fréquence cardiaque maximale est la valeur le plus élevée qui peut être atteint lors d'un exercice à très haute intensité. D'après les cours de Monsieur RAMAROJAONA Jacques (44), la valeur de cette fréquence cardiaque maximale diminue avec l'âge et qu'il est possible de l'estimer selon la formule :

$$\text{Fréquence cardiaque maximale} = 220 - \text{âge}$$

Lors d'un exercice physique d'intensité constante, la fréquence cardiaque augmente relativement puis stagne en plateau. Ce plateau constitue la fréquence cardiaque d'équilibre ou « steady-state » (32).

C'est le niveau optimal pour lequel la fréquence cardiaque satisfait exactement aux besoins de l'exercice.

La notion d'équilibre est la base de nombreux tests d'efforts mis au point pour évaluer l'aptitude physique. En effet, les sujets les plus performants sont ceux qui possèdent les meilleures capacités d'endurance cardiorespiratoires à une même intensité d'exercice, c'est-à-dire ceux qui ont la fréquence cardiaque d'équilibre la plus basse.

Ainsi, la fréquence cardiaque constitue un indicateur précieux de l'efficacité cardiaque.

### 3.1 .4 . La fréquence cardiaque après l'effort

Nous entendons par fréquence cardiaque après l'effort, la fréquence cardiaque lors de la phase de repos c'est-à-dire lors du retour au calme ou lors du retour à la normale. En effet, à la suite d'un exercice physique, elle ne retourne pas directement à sa valeur de repos. Tout d'abord, elle reste pendant un certain temps à une certaine valeur élevée, puis c'est seulement après qu'elle revient progressivement vers sa valeur de repos (32).

La rapidité de la diminution de récupération cardiaque induit par l'entraînement est aussi un indicateur de l'amplitude cardiorespiratoire et de la capacité de récupération de l'individu (32).

### 3. 1. 5. La fréquence cardiaque d'entraînement

C'est la fréquence cardiaque qui correspond à un certain pourcentage de la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub> max.) et à laquelle l'athlète doit s'entraîner. Il suffit alors à l'entraîneur de se référer au tracé de Germain LAPORTE (18) pour connaître la fréquence cardiaque conseillée à chaque individu pour son entraînement à l'endurance.

Passons maintenant à la phase expérimentale de notre étude sur la fréquence cardiaque.

#### 3.1 .6. Etude expérimentale de la fréquence cardiaque

##### A. CHOIX DE L'ECHANTILLON

La population que nous avons choisie faire cette première expérimentation est composée de deux types de sujets complètement différents : des sujets non sportifs et des sujets sportifs.

La population que nous considérons comme sujets non sportifs est tirée parmi les étudiants de l'Ecole Normale Supérieure et issues de la filière « Lettres Françaises ». Ce sont normalement des gens qui ne pratiquent aucune activité physique ou pratique peu que pour le plaisir. Nous avons vérifié ceci par une enquête verbale.

Les sujets sportifs, bien que toujours tirés de cette même école sont par contre issus d'un autre département, celui de l'Education Physique et Sportive. En effet, pour leur formation, dans ce département, les étudiants pratiquent beaucoup d'activités physiques et sportives.

Pendant les deux premières années de leur formation, ses étudiants pratiquent des activités non seulement de sports collectifs mais aussi et surtout d'activités athlétiques, aquatiques ainsi que gymnique et artistique sans oublier les sports de combat et les sports de raquettes. Cette pratique est d'au moins de trois heures et au maximum de quatre heures et demi par jour. Ce qui n'est pas négligeable.

A partir de la troisième et de la quatrième année d'étude leur choix d'activité de pratique se rétrécit sur seulement une option d'un sport collectif couplée d'un sport individuel. Cependant, certaines des disciplines sportives sont classées d'ordre obligatoire comme la natation et d'ordre promotionnel comme le rugby. La durée de pratique diminue alors et ne dépasse pas les six heures par semaine.

En outre, en plus de leur cursus de formation, la majorité des étudiants pratiquent aussi leur discipline de prédilection dans un club civil à raison de six à dix heures hebdomadaires. Les sujets considérés comme sportifs pratiquent alors le sport à raison de vingt à trente heures par semaine.

**Tableau n°1 :Données morphologiques des sujets non sportifs expérimentés (voir ANNEXE)**

A la suite du tableau n°1, nous avons obtenu les caractéristiques morphologiques suivants :

SEXÉ	NOMBRE	AGE	POIDS (KG)	TAILLE (M)	FC (BATTEMENTS PAR MINUTE)
<b>FEMININ</b>	83	$\bar{X} = 23 \pm 2,05$	$\bar{X} = 52,22 \pm 1,22$	$\bar{X} = 1,54 \pm 2,22$	$\bar{X} = 82,85 \pm 2,45$
<b>MASCULIN</b>	20	$\bar{X} = 25 \pm 2,88$	$\bar{X} = 56,75 \pm 3,15$	$\bar{X} = 1,64 \pm 2,78$	$\bar{X} = 83,20 \pm 4,50$
<b>TOTAL</b>	103	$\bar{X} = 24 \pm 2,3$	$\bar{X} = 53,10 \pm 3,02$	$\bar{X} = 1,56 \pm 2,34$	$\bar{X} = 82,87 \pm 1,80$

**Tableau n 2 : Caractéristiques morphologiques des sujets non sportifs et résultats obtenus pour la fréquence cardiaque**

Pour les sujets sportifs, nous avons obtenu dans le tableau n°3 les données morphologiques :

**Tableau n°3 :Données morphologiques des sujets sportifs expérimentés (voir ANNEXE)**

SEXÉ	NOMBRE	AGE (ANNEE)	POIDS (KG)	TAILLE (M)	Fréquence Cardiaque (BATTEMENT PAR MINUTE)
<b>FEMININ</b>	32	$\bar{X} = 23 \pm 2,01$	$\bar{X} = 57,03 \pm 0,22$	$\bar{X} = 1,61 \pm 2,98$	$\bar{X} = 70,28 \pm 1,35$
<b>MASCULIN</b>	100	$\bar{X} = 25 \pm 2,15$	$\bar{X} = 65,48 \pm 2,48$	$\bar{X} = 1,70 \pm 3,05$	$\bar{X} = 59,58 \pm 2,4$
<b>TOTAL</b>	132	$\bar{X} = 24 \pm 2,18$	$\bar{X} = 63,43 \pm 2,12$	$\bar{X} = 1,68 \pm 3,22$	$\bar{X} = 69,81 \pm 5,2$

**Tableau n 4: Caractéristiques morphologiques des sujets sportifs et résultats obtenus pour la fréquence cardiaque**

**B. ETUDES DES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES  
DE NOTRE POPULATION EXPERIMENTALE**

Les tableaux n°1, n°2, n°3 et n°4 nous montrent les caractéristiques de notre population expérimentale concernant les variables âge, poids et taille. La lecture de des deux tableaux 2 et 4 nous indique que nous avons une population jeune avec une moyenne d'âge de 24 ans 2 mois dans l'ensemble (garçons et filles confondus) sur les deux échantillons de sujets non sportifs et de sujets sportifs. Ceci confirme que nous avons fait le bon choix de population pour notre expérimentation. De plus, la moyenne d'âge des garçons est le même avec 25 ans et 2 mois. Il en est de même chez les filles, elle est de 23 ans et 2 mois. Concernant la taille dans l'ensemble, elle est en moyenne de  $1,68m \pm 3$  cm pour les garçons et filles confondues pour les sportifs et de  $1,56m \pm 2$  cm pour les sujets non sportifs. Concernant les sujets « non sportifs », uniquement pour les garçons elle est de  $1,64m \pm 3$  cm et de  $1,54m \pm 2$  cm chez les filles. Tandis que pour les sujets « sportifs », les échantillons garçons ont une moyenne de taille de  $1,70 m \pm 3$  cm, et pour les filles, elle est de  $1,61m \pm 3$  cm.

Les moyennes des sujets « non sportifs » correspondent bien aux normes nationales qui est de 1,65 m pour les garçons et 1,53 m pour les filles (Source I.N.S.T.A.T), (20).

En conclusion, Pour une même population, l'échantillon des sujets « sportifs » est de plus grande taille que l'échantillon des sujets « non sportifs » quel que soit le sexe. Dans notre cas, pour l'ensemble de la population (filles et garçons confondus), les sportifs dépassent les non sportifs de 12 cm et si nous les distinguons par sexe, on obtient 6 cm de différence chez les garçons et 7 cm chez les filles. Ces résultats ne sont pas négligeables. C'est une des premières anomalies constatées, toutefois elle est plutôt d'ordre morphologique.

Maintenant, passons à notre deuxième variable qui est celle du poids. D'après toujours les tableaux 1 et 2, la moyenne arithmétique du poids des sujets « non sportifs » est de  $53,10 kg \pm 3,02$ . Par contre, celle des sujets « sportifs » est de  $63, \pm 2,12$ . Ces données concernent l'ensemble de la population, c'est-à-dire filles et garçons confondus. Si on ne regarde que les données par sexe, nous obtenons, pour les sujets « non sportifs »  $56,75 kg \pm 3,15$  et pour les sujets « sportifs »  $65,48 kg \pm 2,48$ . Pour les filles, cette tendance est toujours respectée avec  $52,22 kg \pm 1,22$  pour les « non sportives » et  $57,03 kg \pm 0,22$  pour les « sportives ».

Ces données nous montrent que dans l'ensemble de la population, filles et garçons confondus, les sportifs sont plus lourds de 10,33 kg. Par sexe, nous remarquons aussi cette différence avec beaucoup plus d'écart chez les garçons car elle est de l'ordre de 8,73 kg, alors que chez les filles, elle n'est que de 4,81 kg.

L'étude des caractéristiques morphologiques de notre population nous a permis de constater une grande différence de taille et de poids pour des sujets de même âge et de même sexe. Ces anomalies morphologiques semblent nous confirmer que les « sportifs » diffèrent des « non sportifs » et que la pratique du sport changent morphologiquement l'individu.

### C. EXPERIMENTATION SUR LA FREQUENCE CARDIAQUE

Pour des questions de praticabilités, le recueil des données pour la fréquence cardiaque s'est fait de façon très simple. Chaque étudiant de l'Université d'Antananarivo doit passer obligatoirement une visite médicale systématique à chaque année universitaire à la médecine préventive d'Ankatso. Elle se fait tout à fait vers le début de l'année universitaire vers le mois de mars. Pour la fréquence cardiaque alors, nous nous sommes contenter de transcrire les résultats obtenus lors de cette visite. Ces données toutefois ne concernent que celles de la fréquence cardiaque au repos et c'est le médecin lui-même en personne qui a procédé à la prise sur la main gauche de chaque étudiant au niveau de l'artère radiale. Les résultats obtenus se trouvent toujours sur les mêmes tableaux 1 et 3 dans la page annexe.

### D. INTERPRETATION DES RESULTATS OBTENUS SUR LA FREQUENCE CARDIAQUE

Cette variable varie aussi d'un individu à l'autre même s'ils sont de même âge et de même sexe. Les normes de fréquence cardiaque données par WILMORE Jack et COSTILL David (32) sont légèrement en dessous des normes données par THILL Edgar et autres (7 et 8). En effet, ils disent que pour l'homme au repos, elle est de 70 pulsations par minute et pour les femmes 80. Ils précisent bien que c'est la fréquence cardiaque au repos d'un sujet adulte normal est en bonne santé.

Pour notre population, l'échantillon des « non sportifs » issu du C.E.R « Lettres françaises » de l'Ecole Normale Supérieure, la fréquence cardiaque au repos des filles et garçons confondus est de 82,87 pulsations par minutes, ce qui équivaut à 83 battements par minutes  $\pm$  1,80. Pour l'échantillon des sujets « sportifs » issus du Département Education Physique et Sportive de la même école, elle n'est que de 69,81 pulsations par minute soit à peu près 70 pulsations par minute  $\pm$  5,2. La première remarque que nous pouvons tirer de ces résultats, c'est que les données de notre population sportive correspondent aux données des sujets adultes normal et en bonne santé de WILMORE et COSTILL (32). Ce que nous pouvons traduire que nos sujets « non sportifs » sont très loin de ces données et présentent donc des anomalies. Entre les « non sportifs » et les « sportifs », il y a déjà une différence de 13 pulsations par minute. La valeur de la fréquence cardiaque

## 50

de la majorité des malgaches, dans le cas de notre population qui ne pratique pas le sport semble être beaucoup plus élevée que la fréquence cardiaque des malgaches qui pratiquent le sport.

Par rapport à la valeur de la moyenne arithmétique de notre échantillon « non sportifs » qui est de 83 pulsations par minute, nous pouvons dire que 48,54% des étudiants du C.E.R « Lettres françaises » ont une fréquence cardiaque inférieure et 51,41% une valeur supérieure à cette moyenne.

Et même lorsque nous regardons de près, nous pouvons avancer que la fréquence cardiaque de cet échantillon ne varie pas trop car l'écart type n'est que  $\pm 1,80$ .

Cependant, les données concernant les filles (82,85 pulsations par minute) coïncident bien, par contre, avec la moyenne arithmétique (82,87 pulsations par minute) de l'ensemble du groupe des filles et garçons confondus. Ces deux valeurs se rapprochent presque de 83 pulsations par minute.

Par ailleurs, les données obtenues chez les hommes (83,2 pulsations par minute) sont bizarrement supérieures à celles des femmes (82,85 pulsations par minute) et surtout nettement supérieures aux normes établies par THILL Edgar et consorts (7 et 8) qui est de 74 pulsations par minute.

Cette constatation nous permet de dire que notre échantillon masculin « non sportifs » dispose d'une condition physique nettement inférieure à celui de l'échantillon féminin. Cependant, nous ne pouvons pas expliquer ce déséquilibre.

Maintenant, abordons le cas des sujets que nous considérons et que nous classerons dans la catégorie des « sportifs ». Les étudiants du Département Education Physique et Sportive de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université d'Antananarivo, filles et garçons confondus, présentent une moyenne arithmétique très appréciable de 69,81 pulsations par minute, valeur qui rejoint les 70 pulsations par minute de WILMORE et COSTILL (32). 52,27% de cet échantillon ont une valeur inférieure et 47,73% une valeur supérieure à cette moyenne. Donc, la majorité de cette population sportive dispose d'une bonne condition physique conformément aux normes.

Les données des sportives qui est de 70,28 pulsations par minute est une valeur nettement inférieure à celles de THILL Edgar (7 et 8) et WILMORE Jack et COSTILL David (32) qui est de 80 ou 84 pulsations par minute.

Autrement dit, notre échantillon de sportives a une très bonne condition physique car la valeur de leur fréquence cardiaque correspond à celle des hommes normaux et en bonne santé.

Celles des garçons sont de loin encore meilleures que celles des filles car leur moyenne arithmétique est de 59,58, ce qui correspond à 60 pulsations par minute.

## 51

En résumé, nous pouvons avancer qu'il y a une très grande différence de poids, de taille et de fréquence cardiaque entre nos deux échantillons de notre population. Les sujets « sportifs » sont plus lourds, plus grands et nettement plus costauds que nos sujets « non sportifs ». Il y a des anomalies car les valeurs qu'ils ont obtenues ne sont pas conformes aux normes.

Passons au deuxième variable de notre expérimentation qui n'est autre que la prise de tension artérielle.

### 3. 2. LA TENSION ARTERIELLE

#### 3. 2. 1. Définition

**La tension artérielle** ou **la pression sanguine** est aussi appelée parfois **la pression artérielle**.

La pression artérielle est la pression exercée par le sang sur la paroi de ces vaisseaux. Elle est déterminée par la force de contraction cardiaque et les résistances périphériques peuvent varier en fonction de l'un ou de l'autre ou ces deux paramètres ou encore en fonction des deux à la fois. Elle est donc créée par le travail de la pompe cardiaque et varie entre la pression systolique et la pression diastolique. Elle est alors exprimée par ces deux valeurs.

**La pression systolique** est le passage du sang du ventricule gauche vers l'aorte. La puissance maximale est la pression engendrée par la contraction du myocarde.

Sa valeur normale est de 120 millimètres de mercure, d'après PILARDEAU (25), (1987), elle se trouve comme numérateur sur l'écriture exprimant la tension.

**La pression diastolique** est la chute de la pression à la fin de la systole ventriculaire, suite au relâchement. C'est le résultat des résistances périphériques. Sa valeur normale est de 80 millimètres de mercure.

La tension artérielle varie selon l'âge car elle est plus basse chez l'enfant et elle augmente progressivement avec l'âge. Malgré ses plusieurs valeurs, WEINECK Jürgen (33), (1992) nous indiquent que sa valeur normale est de 12/8.

La pression artérielle se mesure chez l'homme au niveau de l'artère huméral gauche ou droite, mais habituellement c'est au niveau du bras gauche car ce bras est plus proche du cœur donc, logiquement, sa pression est plus forte.

La valeur moyenne devient plus basse chez les sujets entraînés mais la plupart des sujets sains sont hypertendus. (25), (33)

### **3. 2. 2. Choix de l'échantillon**

La population de cette deuxième expérimentation est la même que celle que nous avons utilisée lors de la première expérimentation sur la fréquence cardiaque avec les étudiants du C.E.R « lettres Françaises » et du département Education Physique et Sportive avec la même classification.

### **3. 2. 3. Protocole expérimental**

Nous nous sommes contentés de récupérer les données obtenues par la médecine préventive de l'Université d'Antananarivo lors de la visite médicale des étudiants lors de cette année universitaire 2005-2006 avec les mêmes échantillon de sujets « non sportifs » et de sujets « sportifs ». Le médecin chef nous a confirmé que la prise s'est effectuée au niveau du bras gauche.

### **3. 2. 4. Caractéristiques de l'échantillon et résultats obtenus**

Ceux sont exactement les mêmes caractéristiques que lors de l'étude la fréquence cardiaque.

Voici la valeur de la tension artérielle des sujets « non sportifs » :

**Tableau n°5 : Valeur de la tension artérielle des sujets « non sportifs » (voir ANNEXE ).**

Passons à la valeur artérielle des sujets « non sportifs »

**Tableau n°6: Valeur de la tension artérielle des sujets « sportifs »(voir ANNEXE)**

L'étude des tableaux n°5 et n°6 a donné les résultats suivants :

<b>SUJETS</b>	<b>AGE</b> (Année-mois)	<b>TAILLE</b> (m)	<b>POIDS</b> (kg)	<b>T.A. &lt; à la moyenne (%)</b>	<b>T.A. = à la moyenne (%)</b>	<b>T.A. &gt; à la moyenne (%)</b>	<b>TOTAL</b>
NON SPORTIFS	$\bar{X} = 24 \pm 2,3$	$\bar{X} = 1,56 \pm 2,34$	$\bar{X} = 53,10 \pm 3,02$	87,37	2,91	9,72	103
SPORTIFS	$\bar{X} = 24 \pm 2,18$	$\bar{X} = 1,68 \pm 3,22$	$\bar{X} = 63,43 \pm 2,12$	76,52	5,30	18,18	132

**Tableau n°7 : Résultats obtenus avec la valeur de la tension artérielle**

### 3.2.5. Interprétation des résultats

Dans son ouvrage intitulé « Biologie du sport », WEINECK Jürgen (33), (1992), admet que la valeur moyenne de la tension artérielle normale pour un individu sain et en bonne santé est de 12/8. Nous prenons en compte cette valeur pour interpréter nos résultats. Nous allons aussi prendre en compte l'avis de SKINNER (29), (1980) dans son livre « Adaptations générales de l'organisme à l'activité musculaire » qui pense que la pression artérielle est plus faible chez les sujets entraînés, autrement dit chez les sportifs.

Cependant, lorsque nous analysons bien le contenu de notre tableau n°7 ci-dessus, nos données diffèrent de cette remarque. En effet, nous avons plus d'hypertendus chez les « sportifs » (18,18%) que chez les « non sportifs » (9,72%). Par ailleurs, nous avons plus de sujets sains et en bonne santé chez les « sportifs » car 5,30% de notre échantillon ont une tension artérielle égale à la moyenne de 12/8, tandis que 2,91% seulement chez les « non sportifs » présentent valeur normale. De plus, l'échantillon « non sportifs » est largement majoritaire en hypotendus (87,37%) que l'échantillon des « sportifs » (76,52%). Il est vrai qu'au point de vu nombre d'expérimentés, les chiffres ne sont pas les mêmes car nous avons 132 « sportifs » pour 103 « non sportifs » mais nous pensons que ce facteur influe peu sur les résultats.

En conclusion, nous admettons que l'expérimentation que nous avons fait subir sur la valeur de la tension artérielle n'a pas abouti aux résultats escomptés car nous n'avons pas remarqué les anomalies physiologiques des « sportifs ».

### 3. 3. ETUDES SUR LA CAPACITE VITALE

#### 3. 3.1. Définition

La capacité vitale est le volume d'air respiré à la suite d'une inspiration forcée et d'une expiration forcée. Autrement dit, c'est la plus grande quantité d'air qu'une personne peut chasser de ses poumons par une expiration forcée après avoir inspiré le plus profondément possible.

Elle comprend (7,8,44) :

- L'air de réserve inspiratoire (V.R.I.) qui est le volume d'air maximal inspiré au-delà d'une inspiration normale
- L'air courant ou volume courant (V.C.) qui est le volume d'air à chaque cycle respiratoire
- L'air de réserve expiratoire (V.R.E.) qui est le volume d'air expiré au-delà d'une expiration normale.

#### 3. 3. 2. Techniques de mesure

La capacité vitale se mesure à l'aide d'un appareil appelé « spiromètre ». Jusqu'à maintenant, c'est le seul instrument capable de la mesurer correctement. Cependant, avec la mondialisation, nous assistons à l'apparition des spiromètres plus modernes et informatisés.

Le spiromètre quantifie le niveau du souffle en fonction de l'âge, de la taille, du sexe, du poids et de l'état de santé du sujet. A partir de cet appareil on peut enregistrer les mouvements et les cycles respiratoires et on peut déterminer le volume de la capacité pulmonaire.

En général, sa valeur normale est de 4,5 litres pour un sujet adulte et sain. L'unité de mesure utilisée est le litre (L), (7 et 8).

Cependant, DREYER (17), (1980) dans son ouvrage intitulé « L'activité physique et musculaire » nous démontre qu'il y a une autre façon de la calculer. Pour lui la capacité vitale est égale au poids du corps exprimé en gramme puissance 0,72 et divisé par 0,69.

$$\text{Capacité vitale} = \frac{\text{Poids du corps (g)}}{0,69} 0,72$$

DREYER (17), attire l'attention qu'il vaut mieux ne pas juger les fonctions respiratoires chez différents individus en comparant simplement les chiffres absolus de leurs capacités vitales, étant donné que la capacité vitale est liée au poids du corps et à la surface de la peau. Il reconnaît, toutefois, qu'il existe une relation entre la participation à des travaux physiques et la capacité vitale. C'est ainsi que WEST (in 17), (1920), a montré que le rapport entre la capacité vitale et la surface totale de la peau est le plus élevé chez les athlètes et le plus faible chez la femme sédentaire.

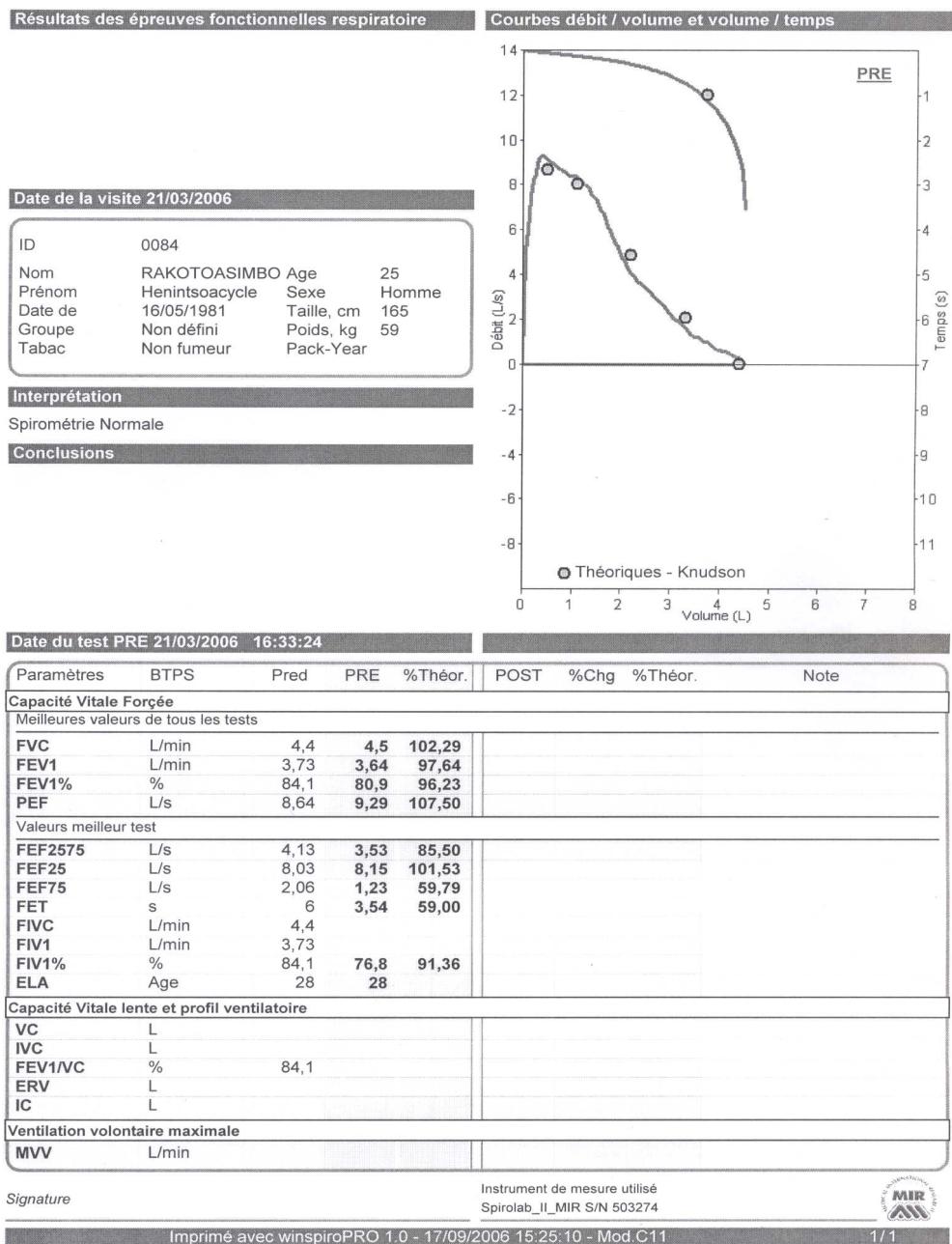
### 3. 3. 3. Le matériel utilisé

Pour l'évaluation de la capacité vitale, nous nous sommes rapproché du laboratoire d'Exploration Fonctionnelle Respiratoire (E.F.R.) de l'hôpital de Fenoarivo qui est sous la responsabilité du docteur RAKOTONDRAVE Henri. Ce dernier utilise comme appareil, un spiromètre informatisé appelé « SPIROLAB II » qui est de fabrication italienne. Cet appareil calcule automatiquement la valeur de la capacité vitale à partir des données de la personne expérimentée. Ces données concernent l'âge, la taille, le poids et le sexe.

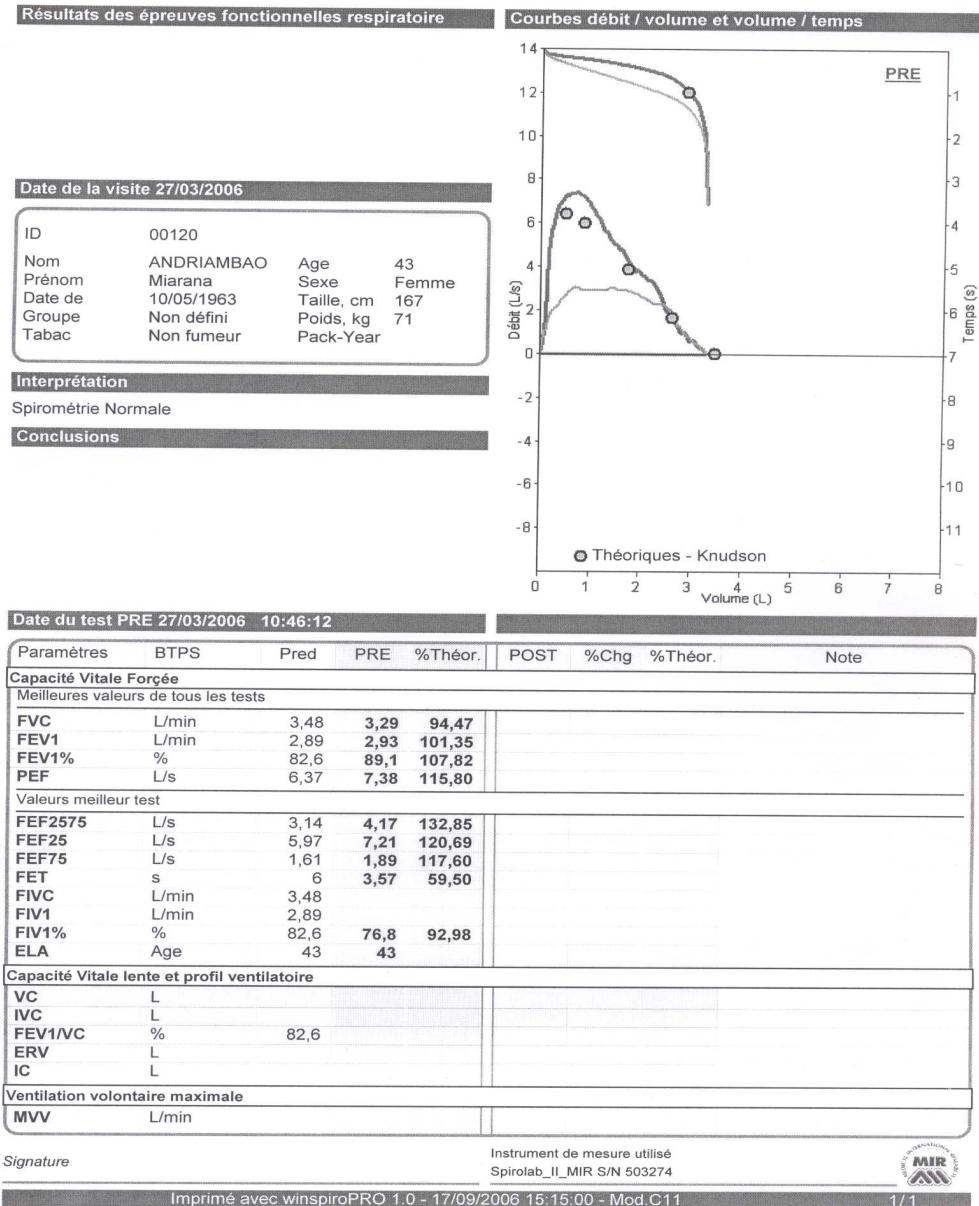


**Photo n°1 : Le spiromètre informatisé de l'hôpital de Fenoarivo ou « SPIROLAB II » de fabrication italienne.**

Le « SPIROLAB II » calcule automatiquement selon l'âge, le poids, la taille et le sexe, la capacité vitale théorique du sujet expérimenté. Ensuite, suite à l'expérimentation, il donne les résultats de la valeur de la capacité vitale réelle réalisée par le sujet. De plus, il trace automatiquement aussi les courbes respiratoires de chaque sujet expérimenté. Nous tenons à préciser que la valeur théorique est donnée sur la base des normes européennes. C'est pourquoi, les estimations réalisées lors de la journée mondiale du souffle et l'expérimentation que nous avons réalisée avec les sujets « sportifs » est capitale et pertinente pour la détermination des normes malgaches. Toutefois, ce n'est pas l'objectif de notre objet d'étude et dans ce mémoire, nous nous limitons seulement à la simple comparaison des sujets « non sportifs » avec les sujets « sportifs ».



**Schéma n°3 : Courbes respiratoires d'un sujet « non sportif ».**



**Schéma n°4 : Courbes respiratoires d'un sujet « sportif »**

### 3.3.4. La technique d'évaluation de la capacité vitale

Comme nous l'avons dit précédemment, le « SPIROLAB II » est un spiromètre informatisé. Avant de procéder à l'évaluation, le docteur RAKOTONDRAKABE procède à une enquête de la personne à expérimenter concernant dans un premier temps sur son identité, son âge, son poids corporel et sa taille. Ensuite, il aborde leur état de santé et les problèmes de santé s'ils existent. Le sujet présente-t-il des maladies thoraciques, de l'allergie et des symptômes de sinusite ? Le sujet a-t-il été déjà hospitalisé et pour quelle raison ? Sont éliminés de l'expérimentation, les personnes grippées et enrhumées, les personnes asthmatiques et celles qui présentent des problèmes respiratoires. Une enquête plus approfondie se fait sur les personnes présentant des problèmes respiratoires. Le docteur RAKOTONDRAKABE Henri essaie de savoir si la maladie est héréditaire et chronique.

Une fois ce cap franchi, le docteur RAKOTONDRAKABE et son assistant procède à l'évaluation proprement dite.

La personne à expérimenter doit d'abord se tenir en position debout face à l'ordinateur. Le docteur lui explique comment procéder à l'évaluation. Tout d'abord, il place l'embout dans la bouche et il doit être entre les dents avec la langue placée en dessous. L'embout est individuel et pour des raisons d'hygiène, on le change à chaque utilisation. Une fois utilisée, il est tout de suite jeter à la poubelle.

Il est alors demandé à la personne subissant l'évaluation de faire une profonde inspiration par la bouche en essayant de remplir ses poumons tout en pinçant le nez. Et cette profonde inspiration est tout de suite suivie d'une expiration maximale, forcée qui doit être tenue au moins pendant six secondes. Si par malheur, le sujet a épuisé son expiration, il doit bloquer sa respiration et doit rester le plus longtemps possible en apnée. Cette expiration est évidemment accompagnée d'une contraction maximale des muscles expirateurs (43).

Le sujet ne doit en aucun cas procéder à un autre mouvement respiratoire. Sinon, les résultats sont faussés et l'on doit recommencer l'évaluation.



**Photo n°2 : Une étudiante en pleine évaluation de la capacité vitale**

### 3.3.5.Choix de l'échantillon

Pour une meilleure évaluation et une meilleure comparaison, nous avons toujours opté sur les deux échantillons bien distincts, les sujets « non sportifs » et les sujets « sportifs ».

Les sujets considérés comme « non sportifs » sont tirés sur les 30 personnes qui sont venues volontairement subir le test d'évaluation de leur capacité respiratoire lors de la journée mondiale de souffle (43) à l'hôpital Joseph RAVOAHANGY ANDRIANAVALONA du vendredi 02 juin 2006. Cette journée a été organisée par l'association des pneumologues malgaches en France ou « PNEUMALGA ». L'objectif de cette journée et de cette évaluation est de déterminer la capacité respiratoire d'un malgache considéré comme un sujet sain et bien portant. Le secrétaire générale de cette association, le docteur Fara RASOLOJAONA est le maître d'œuvre de cette estimation. L'appareil qu'ils ont utilisé est toujours celui de l'hôpital de Fenoarivo, le « SPIROLAB II».

Sur les 30 sujets « non sportifs », il y a 19 hommes et 11 femmes.

Voici leurs données morphologiques avec leurs résultats :

**Tableau n°8 : Données morphologiques des sujets « non sportifs » et valeur de leur capacité vitale (voir ANNEXE)**

Les sujets « sportifs » sont toujours tirés parmi les étudiants de l'Université d'Antananarivo, du département Education Physique et Sportive de l'Ecole Normale Supérieure. Pour avoir un certain équilibre avec les sujets « non sportifs » nous avons expérimenté les 30 premiers étudiants qui se sont présentés pour l'évaluation. Ce sont en majorité des étudiants de la première année d'étude et de quelques étudiants en deuxième année. Il n'y avait que 5 étudiantes pour 25 étudiants.

Voici leurs données morphologiques et la valeur de leur capacité vitale:

**Tableau n°9 : Données morphologiques des sujets « sportifs » avec la valeur de leur capacité vitale (voir ANNEXE)**

## 60

Suite à notre étude, nous avons pu dresser le tableau des résultats suivants :

<b>SUJETS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>AGE</b> (Année-mois)	<b>POIDS</b> (kg)	<b>TAILLE</b> (m)	<b>CAPACITE VITALE THEORIQUE</b> (L)	<b>CAPACITE VITALE REALISEE</b> (L)	<b>POURCENTAGE REALISEE (%)</b>
<b>NON SPORTIFS</b>	30	X= 32ans 6mois ±3,13	X= 58,7± 3,16	X= 1,63± 0,85	X=3,96± 0,011	X=3,91± 0,291	95,85
<b>SPORTIFS</b>	30	X= 25ans 1mois ±2,45	X= 62,43± 3,36	X= 1,68± 0,67	X=4,53± 0,802	X=4,31± 0,893	92,43

**Tableau n°10 : Caractéristiques morphologiques et valeur de la capacité vitale de l'ensemble des sujets « non sportifs » et des sujets « sportifs ».**

### 3.3.6 Caractéristiques morphologiques de la population concernée et interprétations des résultats obtenus

Sur ce type de population, les sujets « non sportifs » sont nettement plus âgés (  $x= 32ans 6mois$  ) que les sujets « sportifs » (25ans 1mois). Cette grande différence est due au fait que pour la journée mondiale du souffle, on a expérimenté tous les volontaires et parmi les volontaires, il y avait des jeunes ( le plus jeune à 14ans) et des moins jeunes ( les plus âgés à 54 ans et 11mois). Par contre, pour l'échantillon des « sportifs » nous n'avons eu affaire qu'à des jeunes de 19 ans à 42 ans 4 mois. Et d'ailleurs, celui qui a 42 ans et 4 mois et un cas isolé car la grande majorité a entre 20 et 30 ans.

Concernant le poids corporel et la taille, la tendance confirme les mêmes conclusions que sur les autres populations des expérimentations précédentes, les « sportifs » sont nettement plus lourds ( $62,43kg±3,36$ ) et plus grands ( $1,68±0,67$ ) que les « non sportifs » ( $58,7kg±3,16$ ) et ( $1,63m±0,85$ ).

Et un mot, les « sportifs » sont plus jeunes, plus lourds et plus grands que les « non sportifs ».

Entrons maintenant dans le vif du sujet, c'est à dire, l'interprétation des données sur la capacité vitale. D'après Edgar THILL, Raymond THOMAS et José CAJA dans le « Manuel de l'éducateur sportif » (7 et 8), la valeur normale de la capacité vitale d'un sujet est de 4,5 litres. Mais cette valeur

## 61

varie en fonction non seulement de l'âge, de la taille, du poids et du sexe mais aussi de la race. Le « SPIROPLAB » peut fournir les normes européennes mais pour les normes malgaches les médecins chercheurs du laboratoire d'Exploration Fonctionnelle Respiratoire (E.F.R) de l'hôpital de Fenoarivo sont en cours de recherche pour les déterminer. La valeur théorique de la capacité vitale de notre expérimentation est alors basée sur ces normes européennes. Sur le côté volume, les « sportifs » ont une plus grande capacité vitale que les « non sportifs » que ce soit au niveau théorique qu'au niveau réalisation effective. Cependant, sur l'estimation de la capacité vitale réalisée, les sportifs malgaches issus de notre expérimentation ont une valeur légèrement inférieure (4,31 litres) que la valeur normale d'un européen en bonne santé (4,5 litres). Paradoxalement, les sujets « non sportifs » réalisent un meilleur résultat (95,85%) par rapport à la valeur théorique que les sujets « sportifs » (seulement 92,43%). En conclusion, les capacités respiratoires des sujets malgaches qu'ils soient « sportifs » ou « non sportifs » sont nettement inférieures à celle des européens que ce soit en valeur théorique qu'en valeur réelle. Cependant, comme la valeur réelle obtenue est pratiquement différente entre les « sportifs » et les « non sportifs », nous pouvons avancer que celle des « sportifs » détermine les anomalies physiologiques de notre hypothèse. La fonction cardiorespiratoire joue un rôle important pour l'obtention de la performance en sport. C'est pourquoi, nous avons pensé à l'évaluation de la capacité vitale et de l'électrocardiogramme.

Abordons alors, cette dernière partie de notre expérimentation.

### **3.4 L'ELECTROCARDIOGRAPHIE (E.C.G)**

#### **3.4.1. Définition**

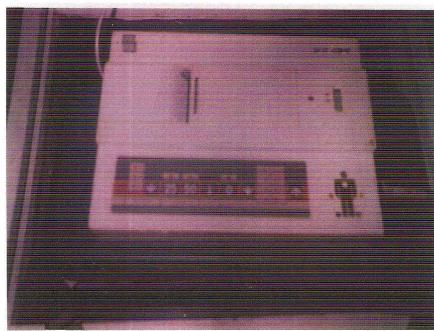
Faisons un petit rappel de la définition de cette notion. L'électrocardiogramme est un appareil d'enregistrement de l'activité électrique du cœur (27). Il est surtout utilisé pour aider à diagnostiquer et à dépister les pathologies cardiaques.

L'électrocardiographie, n'ait alors que l'enregistrement par galvanomètre des courants appelés « courants d'actions » produit par la contraction du muscle cardiaque. Autrement dit, l'électrocardiographie est un mécanisme de contraction qui s'accompagne des phénomènes électriques qui peuvent être enregistrés par des électrodes externes (32).

### 3.4.2.Appareil utilisé

L'appareil utilisé pour l'enregistrement de l'électrocardiogramme est un appareil de fabrication russe de marque 3K1T-03M2. L'électrocardiographie a été réalisée par un médecin sportif, le docteur RAHELIARISOA Albertine avec cet appareil monopiste.

Voici sa photo :



**Photo n°3 : Photo de l'appareil russe 3K1T-3M2 d'électrocardiogramme de fabrication Russe.**

### 3.4.3 : Choix de l'échantillon

Pour des raisons évidentes de praticabilité et surtout d'ordre financier, nous avons délibérément limité au minimum notre population d'expérimentation pour l'électrocardiographie. Mais le problème vient de certains entraîneurs qui ont refusé de faire passer l'électrocardiographie à leurs athlètes. En fin de compte, seul 9 athlètes ont accepté volontairement avec l'accord de leur entraîneur de passer l'électrocardiographie. La liste se compose comme suit :

- 7 athlètes confirmés du club COSFA, du club LTC/FAC et du club 3F ANS tous d'Antananarivo- ville dont une fille et 6 garçons, tous spécialistes de course de demi-fond en athlétisme. Seul la fille est une sprinteuse spécialiste de course de haie aux 400m et 100m.

- Et de deux étudiants de sexe masculin de la filière « lettre française » de l'Ecole Normale Supérieure de l'université d'Antananarivo que nous allons considérer comme des sujets « non sportifs ».

Une brève explication a été donnée au préalable aux entraîneurs et aux athlètes sur l'objet et l'objectif de notre expérimentation. C'était une voie incontournable pour décrocher leur accord.

### 3.4.4 Caractéristiques de la population expérimentée

Les tableaux qui suivent nous renseignent sur les personnes ayant participé à cette expérimentation.

Voici, celui des athlètes confirmés :

N°	SEXE	TAILLE (M)	AGE (ANS)	POIDS (KGS)	SPECIALITE	CLUB
1	MASCULIN	1,67	19	54	800M-1500M	LTC/FAC
2	MASCULIN	1,70	25	59	800M	COSPEN
3	MASCULIN	1,60	17	52	800M-1500M	COSFA
4	MASCULIN	1,59	18	51	5000M-10000M	COSFA
5	MASCULIN	1,63	20	53	5000M	COSFA
6	MASCULIN	1,57	18	47	5000M-10000M	COSFA
7	FEMININ	1,70	20	59	400H-100H	3F ANS

**Tableau n°11: Renseignements concernant des groupes « sportifs »**

SEXE	NOMBRE	AGE (ans -mois)	POIDS (KGS)	TAILLE (M)
MASCULIN	6	— X=19±2.92	— X=62,5±0.03	— X=1,62±0.018
FEMININ	1	— X=20	— X=59	— X=1,70

**Tableau n°12 : Caractéristiques des groupes « sportifs »**

Notre choix se fait délibérément sur des athlètes spécialistes des épreuves de demi-fond et de fond car ce sont les épreuves qui sollicitent vigoureusement la fonction cardiorespiratoire. Il est important de souligner que les éléments de notre échantillon n'ont jamais effectué un enregistrement d'électrocardiogramme durant leur carrière. Cela s'explique par le fait que normalement un test d'électrocardiogramme ne peut se faire que suite à une demande médicale ou à une demande de l'entraîneur. Nos entraîneurs n'aiment pas trop cette pratique, ce qui démontre que médicalement et physiologiquement, nos athlètes sont mal gérés et mal suivis.

Pour le groupe des personnes classées non « sportifs » nous avons les données suivantes:

N°	SEXE	AGE (ANS)	POIDS (KGS)	TAILLE (M)	PROFESSION
1	MASCULIN	22	58	1,64	Etudiant(ENS/Lettre française)
2	MASCULIN	24	50	1,68	Etudiant(ENS/Lettre française)

**Tableau n°13 : Renseignement concernant le groupe des « non sportifs »**

Et voici leurs caractéristiques :

SEXE	ANNEE (ANS)	POIDS (KG)	TAILLE (M)	NOMBRE
MASCULIN	X=23±1,05	X=54±3,02	X=1,66±2,15	2

**Tableau n°14 : Caractéristiques du groupe des « non sportifs »**

### 3.4.5 Protocole expérimental

Pour recueillir les informations concernants chaque athlète, nous avons préparé une fiche de renseignement pour chaque athlète. L'objectif de notre questionnaire est non seulement de tout savoir sur l'athlète mais aussi de connaître leur problème de santé, s'il existe, et la fréquence de leurs séances d'entraînements par semaine.

Voici un modèle de cette fiche de renseignements :

#### FICHE DE RENSEIGNEMENTS

Date:

Nom et prénom(s)

Date de naissance:

Sexe: Masculin

Poids:

Club: Spécialité:

Nombre d'année de pratique:

Ou

Début d'année de pratique:

Performance:

Palmarès:

Profession:

Problème de santé:

Êtes vous suivi et contrôlé régulièrement par un médecin ? OUI  NON

Nombre de séances d'entraînement hebdomadaire:

Nombre de séances journalières:

Adjuvants de l'entraînement utilisé:

Fréquence d'utilisation :

Avez-vous déjà subi auparavant un test d'électrocardiogramme ?

Lieu de naissance:

Féminin

Taille:

## 65

Le cœur est un organe complexe par son anatomie et il joue un rôle capital et important pour le bon fonctionnement de notre organisme. Le contrôle du travail du cœur ne peut se faire que par électrocardiogramme.

Voici les démarches à suivre et à respecter lors d'un enregistrement d'électrocardiogramme :

- Le sujet doit être torse nu
- Le sujet ne doit pas porter quelque chose de métallique ou en aluminium
- Le sujet est allongé sur le lit ou un canapé, la tête suffisamment haute et le thorax légèrement haute
- Le sujet doit être complètement décontracté et relâché avec les coudes légèrement fléchis
- Le lit ou le canapé est placé à 50cm ou à 60cm du mur pour éviter les parasites
- Au point d'application des électrodes, on frotte la peau avec un tampon humide.
- Entre les électrodes et la peau, on interpose du gel qui est un conducteur spécial. Ils sont placés sur le poignet gauche, sur le poignet droit, sur la cheville gauche et sur la cheville droite.

L'enregistrement se fait dans l'ordre suivant :

- 1-Dérivations périphériques des membres
- 2-Dérivations unipolaires des membres
- 3-dérivations précordiales ou thoraciques

Voici une photo prise lors de l'enregistrement d'un électrocardiogramme :



**Photo n°4 : Evaluation d'un électrocardiogramme d'un sujet < non sportif >**

### **3.4.6.Interpretation des résultats**

Grâce à l'amabilité, à l'aide indispensable et incontournable du docteur RAMILITIANA Benja, médecin interne à l'hôpital de Befelatanana d'Antananarivo, nous avons pu interpréter nos résultats. En effet, le médecin sportif RAHELIARISOA Albertine qui a effectué l'évaluation n'a pu faire les interprétations à cause de ses fréquentes missions en province en préparation des jeux des îles de l'océan indien 2007.

Nous n'interpréterons ici que cinq sur les neuf tracés effectués dont la répartition est la suivante :

- Trois tracés d'électrocardiogramme des sujets « sportifs »
- Un tracé d'électrocardiogramme d'un sujet « non sportif »
- Et comme repère témoin, un tracé d'électrocardiogramme considéré comme normal.

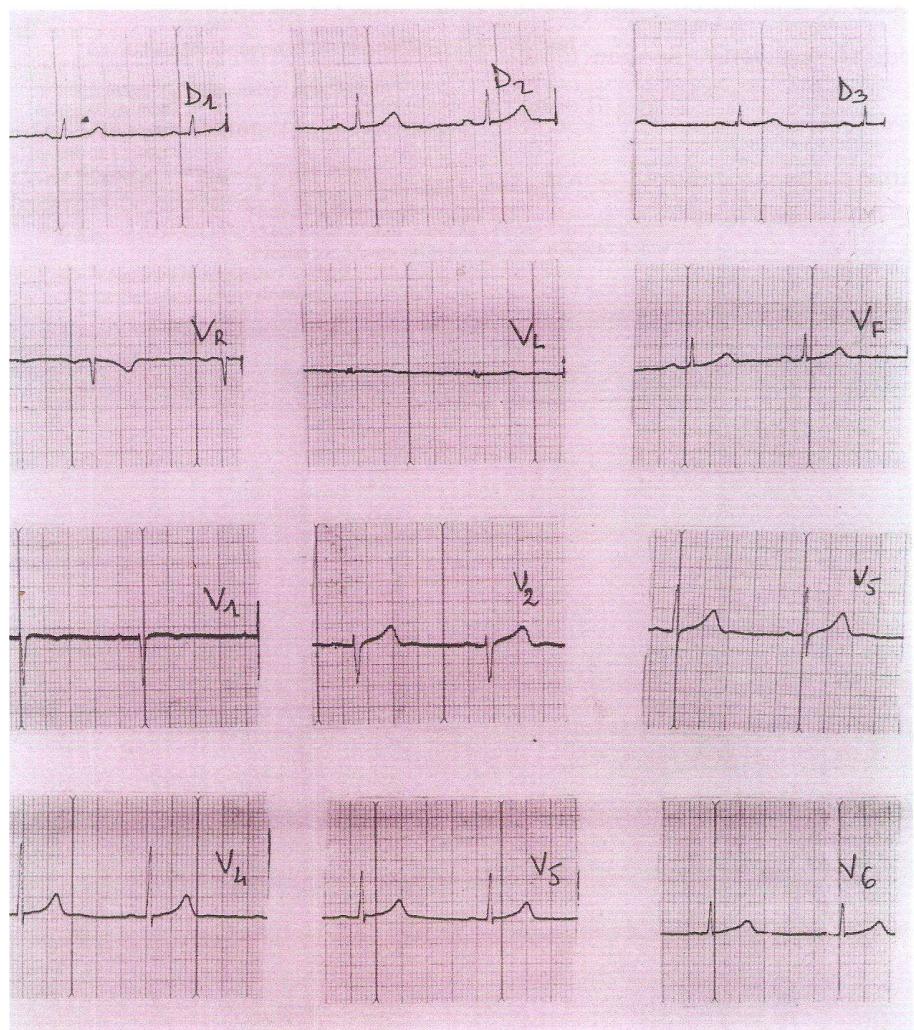
Les quatre autres tracés non cités ci-dessus sont considérés comme normaux. Il s'agit de tracé de deux athlètes, donc sujet « sportifs » et des deux sujets du groupe « non sportifs ».

## 67

Voici dans un premier temps les différents types de tracé d'électrocardiogramme que nous avons obtenu.

### A. TRACE D'UN ELECTROCARDIOGRAMME INTERPRETE COMME NORMAL

Voici le tracé d'un électrocardiogramme considéré et interprété comme normal.



## 68

Etalonnage : 0,20 secondes pour 10 mm

Rythme sinusal

Axe de QRS :  $10^\circ$  à  $+110^\circ$

PR : 0,12 à 0,18

Fréquence cardiaque : 70 à 80 battements par minute

Indice de CORNELL : inférieur 22mm chez la femme

Inférieur 26mm chez l'homme

Indice de SOKOLOW : inférieur à 45mm pour un sujet âgé de plus de 45ans

Inférieur à 35mm pour un sujet âgé de moins de 45ans

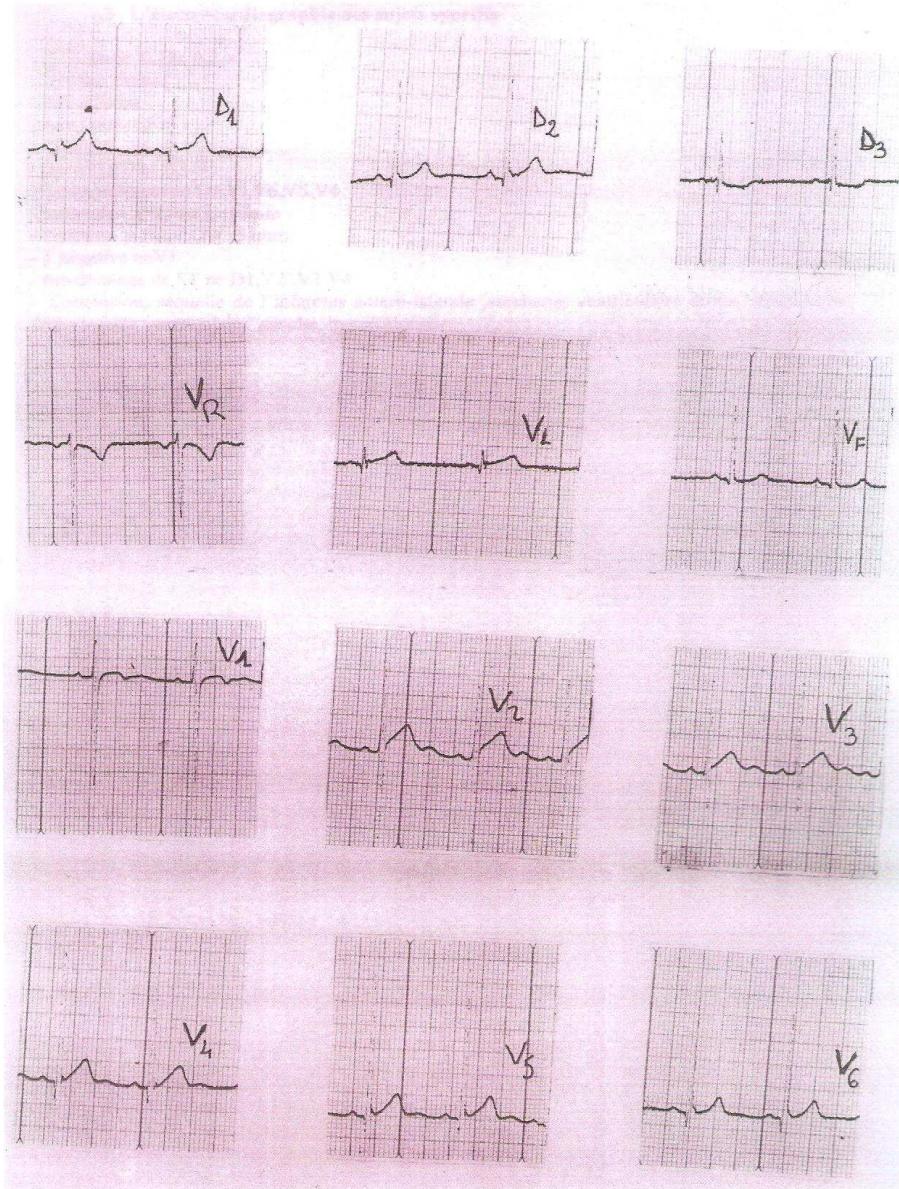
En V5 et V6 : absence de l'onde S

ST isoélectrique (sans décalage)

**Conclusion : Ce sujet présente un tracé d'électrocardiogramme interprété comme normal.**

69

B. TRACE D'ELECTROCARDIOGRAMME DE TROIS ATHLETES CONFIRMES(  
Groupe des sujets « sportifs »)  
CAS N°1 D'UN SPORTIF



## 70

Etallonage : 0,19s-0,21s

Rhythme sinusal

Fréquence cardiaque: 70 battements par minute

Axe QRS : +10°

PR :0,12

Pas d'HAD ni HAG

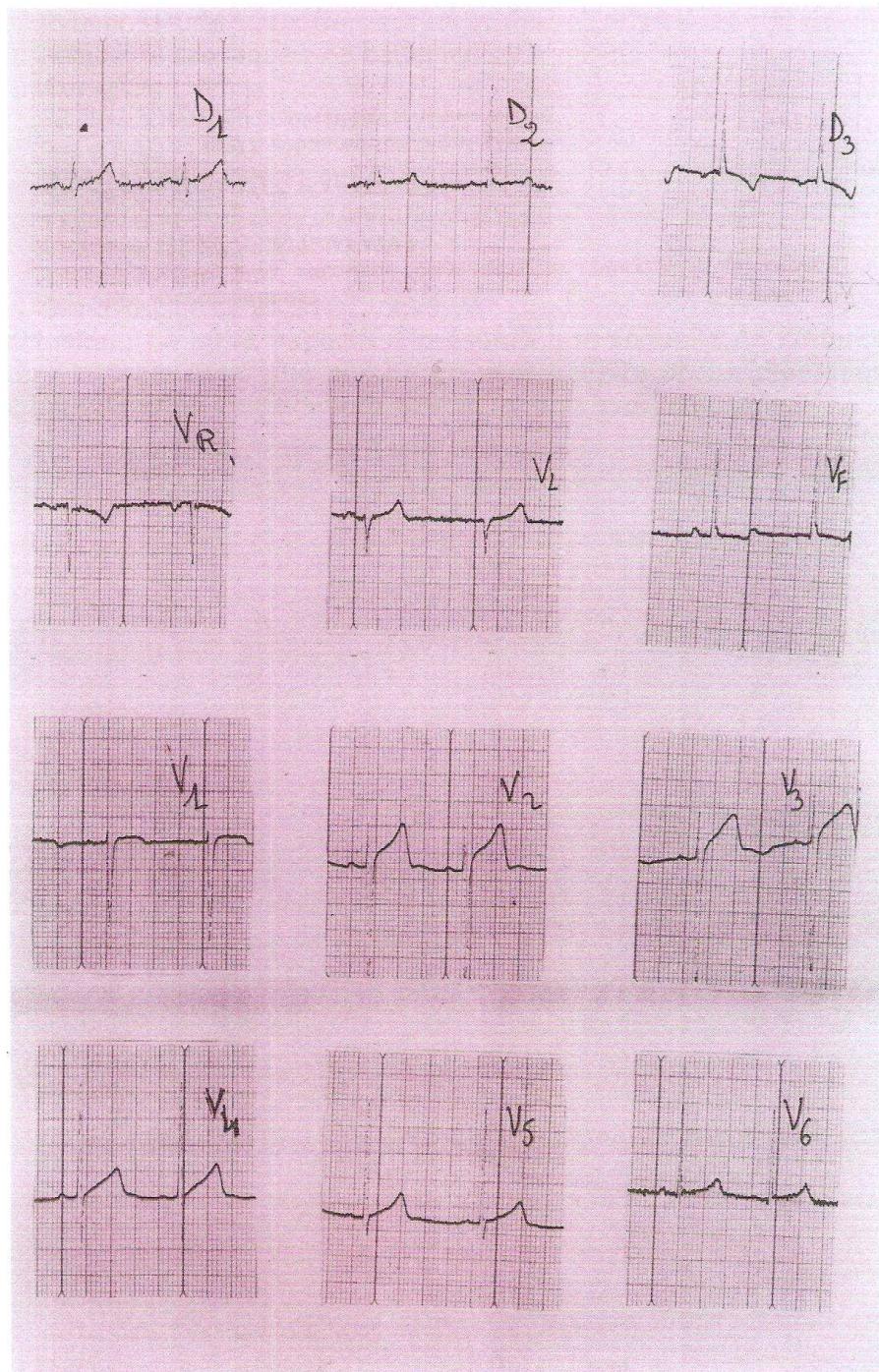
Persistance de S en V5

Indice de CORNELL : 15mm

Indice de SOKOLOW : 23mm

Sus-décalage de ST en V1 et V2

**Conclusion : Ce sujet « sportif » présente une surcharge ventriculaire droite diastolique et une hypertrophie ventriculaire gauche.**

CAS N°2 D'UN SPORTIF

Etallonage : 0,18s-0,22s

Rythme sinusal

Fréquence cardiaque: 65 battements par minute

Axe QRS : +50°

PR : 0,18

Pas d'HAD ni HAG

Q peu profonde en D1,V1,V6,V5,V4

Indice de CORNELL : 10mm

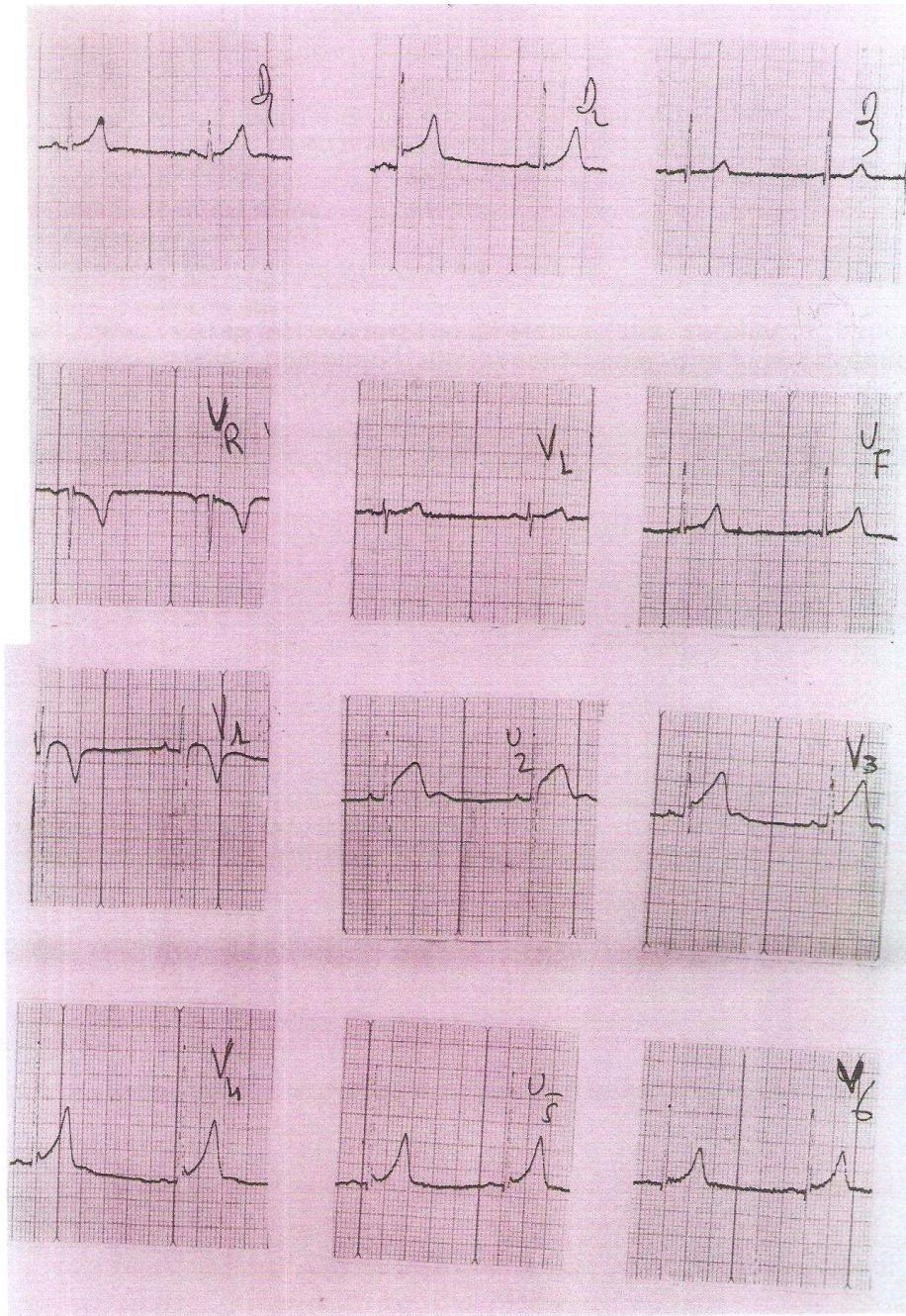
Indice de SOKOLOW : 51mm

T négative en V1

Sus-décalage de ST en D1, V2, V3, V4

**Conclusion : ce sujet « sportif » présente une séquelle de l'infarctus antéro-latérale avec une surcharge ventriculaire droite diastolique, une hypertrophie ventriculaire gauche et une hypercalcémie.**

## CAS N°3 D'UN SUJET SPORTIF



Etallonage : 0,15s-0,22s

Rythme sinusal

Fréquence cardiaque: 50 battements par minute

Axe QRS : +70°

Pas d'HAD ni HAG ( H.A.G : hypertrophie auriculaire gauche)

( H.A.D : hypertrophie auriculaire droite)

Indice de CORNELL : 6mm

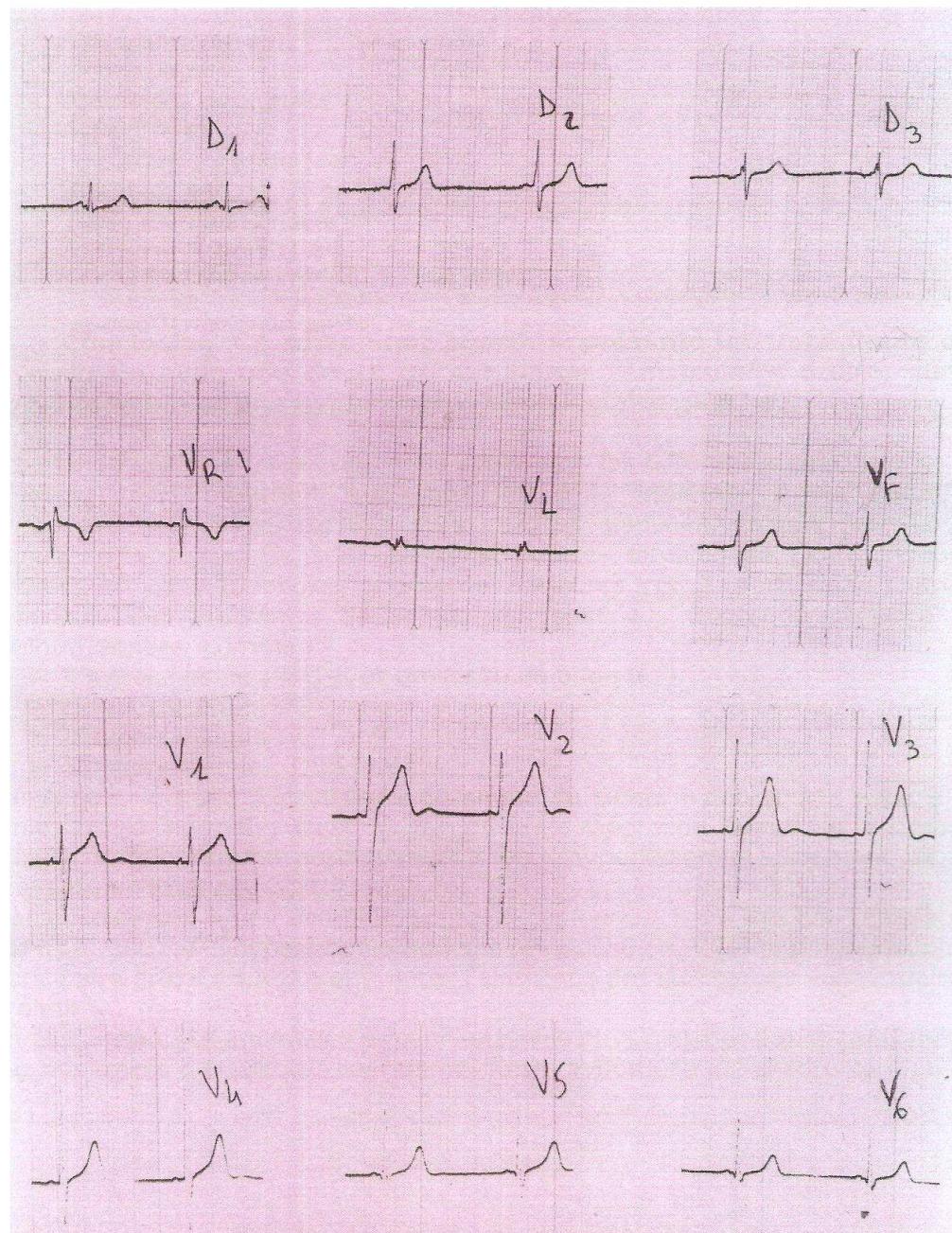
Indice de SOKOLOW : 44mm

T négative en V1

Sus-décalage de ST en V1,V2,V3,V4,V5,V6

**Conclusion : ce sujet « sportif » présente une surcharge hyper ventriculaire droite diastolique, une hypokaliémie, une hypocalcémie et une hypertrophie ventriculaire gauche.**

## C. TRACE D'ELECTROCARDIOGRAMME D'UN SUJET NON SPORTIF



Etallonage : 0,18s-0,20s

Rythme sinusal

Fréquence cardiaque: 60 battements par minute

Axe QRS : +80°

PR : 0,18

Absence d'HAG, HAD

Aspect rr en V1

Persistance d'onde S en V5 et V6

Sus-décalage de ST en V1,V2,V3

T négative en D3 et V1

Indice de CORNELL : 21mm

Indice de SOKOLOW : 40mm

**Conclusion : ce sujet «non sportif » présente un tracé limite de la normale avec un doute de surcharge ventriculaire droite, une hyperkaliémie et une hypertrophie ventriculaire gauche.**

A partir de ces cinq tracés que nous avons vu, les différentes conclusions du médecin nous montrent que tous les trois athlètes, sujets sportifs, présentent des hypertrophies ventriculaires gauches et une surcharge ventriculaire droite. Ce sont les conséquences directes de l'entraînement sportif et constituent les anomalies majeures. Et à part cela, chacun rencontre des problèmes de santé qui sont dus à grande partie à la malnutrition comme :

- ◊ L'hypokaliémie : T plat et présence d'onde u
- ◊ L'hypocalcémie : QT long
- ◊ L'hypercalcémie : QT bref
- ◊ L'hyperkaliémie : QRS large

Par contre, le tracé d'électrocardiogramme de sujet « non sportif » est à la limite de la normale, c'est à dire qu'il se rapproche beaucoup au tracé d'électrocardiogramme normal mais il est hyperkaliémie autrement dite, il présente un taux de potassium élevé.

Dans l'ensemble « non sportif et sportif » confondus, il y a des cas semblables car il n'ont pas d'hypertrophie auriculaire gauche(H.A.G.) ni d'hypertrophie auriculaire droite (H.A.D.) et à noter l'existence des surcharges ventriculaires droites.

En conclusion, les anomalies à manifestation physiologiques sont confirmées par nos tracés d'électrocardiogramme. Notre hypothèse est encore vérifiée.

## CONCLUSION

Au terme de notre recherche, nous pouvons dire que les anomalies à manifestations physiologiques existent bien chez les athlètes malgaches. Notre évaluation et nos expérimentations sur la fréquence cardiaque, sur la tension artérielle, sur la capacité vitale et enfin sur l'électrocardiographie les confirment bien. Ce qui nous amènent à dire que les athlètes malgaches que nous avons expérimentés ont déjà un certain niveau de pratique et un certain niveau de performance appréciable.

La pratique sportive bien programmée et bien gérée diminue la fréquence cardiaque de l'athlète qui peut être interprété comme une bonne capacité de récupération et une bonne capacité physique.

Concernant la tension artérielle, le sportif doit être à tendance hypotendu par rapport au sujet « non sportif » qui est beaucoup plus hypertendus mais notre expérimentation ne l'a pas confirmée.

Un sujet « sportif » réalise un volume de capacité vitale supérieure à celui d'un « non sportif » que se soit pour la valeur réelle ou pour la valeur théorique.

Au test d'électrocardiogramme, on a remarqué une hypertrophie ventriculaire gauche chez les sujets sportifs suite aux effets de l'entraînement. Ces perturbations sont d'ordre positif car elles provoquent des effets bénéfiques chez les sujets sportifs.

Notre expérimentation, mis à par la tension artérielle, a bien vérifié notre hypothèse. Il faut reconnaître que nous avions eu du mal à calculer la moyenne arithmétique de cette variable. Et nous sommes convaincus que cette confirmation nous vient de ce côté-là.

Pour conclure, nous conseillons, non seulement aux entraîneurs mais aussi et surtout aux athlètes d'exploiter les quatre variables que nous avons proposées dans le suivi et le contrôle de leur entraînement. Nous leur conseillons fortement de faire un enregistrement de l'électrocardiogramme au moins une fois par saison. Il ne faut pas oublier que la pratique sportive n'est pas toujours favorable à la performance et à une bonne santé de l'athlète. Un suivi et un contrôle médical sérieux et rigoureux s'avèrent indispensable pour tous les athlètes. L'entraînement n'emmène pas toujours à la performance, il peut aboutir à des problèmes de santé. Ce mémoire est un premier pas vers la médecine sportive.

# **BIBLIOGRAPHIES**

## **OUVRAGES**

- 1- ASTRAND (P.O.) et RODALL (K) : « Manuel de physiologie de l'exercice musculaire », Editions Masson et Cie, Paris, 1977, P.483-504
- 2- BOIGEY (M.) : « Manuel scientifique d'éducation physique », Editions Chiron Masson et Cie, Paris, 1980, P. 116-118.
- 3- BRUNET (E.) et GUED ( J.B) : « Médecine de Sport », Editions Masson, Paris, 1995, P.25-205.
- 4- CRAPLET (C.), CRAPLET (P.), CRAPLET (J.) : « Nutrition, alimentation et sport », Editions Vigot, Paris, 1985, P.149.
- 5- CRAPLET( C.), CRAPLET(P.), : « Physiologie de l'activité sportive », Editions Vigot frères, Paris, 1986.
- 6- CRAPLET( C.), CRAPLET(P.), : « Physiologie et activité sportive », Editions De Doeck Université, Paris, Bruxelles, 1999, P.32-36-77.
- 7- CAJA (J.), THILL (E.), THOMAS (R.): « Manuel de l'éducateur sportif », Editions Vigot (6ème éditions), Paris, 1985, P.71-231.
- 8- CAJA (J.), THILL (E.), THOMAS (R.): « Manuel de l'éducateur sportif », Editions Vigot (9ème éditions), Paris, 1995, P.73-245.
- 9- DUBIN (D.) : « ECG en Bref », Editions Maloine, 1986, P.2-13.
- 10- DUNOD : « Manuel de psychologie de l'éducation et de la formation », Editions Dunod, Paris, 1996, P. 1-10.
- 11- GORIOT(G.) : « les fondamentaux de l'athlétisme », Editions Vigot, Paris, 1980, P.5-16.
- 12- HARICHAUX (P.) : « le médecin, l'enfant et le sport », Editions médecin-enfant, Paris, 1984, P.17.
- 13- HERMANN (H.) et CIER (GF.) : « Précis physiologie 4 », Editions Masson, Paris, 1976, P.520-525.
- 14- HEIPRTZ (W.) et BOHMER (D.) : « Médecine du sport », Editions Vigot, Paris, 1990, P.45.
- 15- HUBICHE (J.L.) et PRADET (M.) : « Comprendre l'athlétisme », Editions Vigot, 2000, P.8-85.
- 16- KARPOVICH (P.V.) et WAYNE (M.D.) : « Physiologie de l'activité musculaire », Editions Vigot, Paris, P.273-306.
- 17- KAYSER (C.) : « La Physiologie », Editions Médicales Flammarion, Paris, 1963, P.1-5.
- 18- LAPORTE (G.) et PEYCELON (A.) : « Physiologie du sport », Editions Vigot, Paris, 1980.
- 19- NADEAU (M.) et PERONNET (F.) : « Physiologie appliquée de l'activité physique », Editions Vigot, Paris, 1980, P.18.
- 20- ORC (M.) : « Enquête démographique et de santé à Madagascar 2003-2004 », Editions Calverton, Maryland, 2005, P.17-46.

- 21- OLGIVIE (B.) et TUTRO (T.) : « Les athlètes à problèmes », Editions Vigot, Paris, 1981, P.83.
- 22- PLAS (F.) : « Guide de cardiologie de sport », Editions J.B Baillière, Barcelone, 1976.
- 23- PARIENTE (R.) : « La fabuleuse histoire de l'athlétisme », Editions ODIL, Paris, 1978, P.3-25.
- 24- PARIENTE (R.) : « Pneumologie pratique », Editions Vigot, Paris, 1986, P.32.
- 25- PERROT (J.W) : « Anatomie à l'usage des étudiants des professeurs auxiliaires médicaux », Editions Vigot, Paris, 1984, P.435.
- 26- PILARDEAU (P.) : « Manuel pratique de médecine du sport », Editions Masson, Paris, 1987, P.19.
- 27- RABENORO (C.) : « Remède mémoire », 1983, P.2-7.
- 28- RUTISHAUSER (W.) : « Cardiologie clinique », Editions Masson, Paris, 1992.
- 29- SKINNER(J.S) : « Adaptations générales de l'organisme à l'activité physique », Editions Vigot frères, Paris, 1980, P.28.
- 30- THAON (M.) : « Notion fondamentale d'électrocardiographie normale et pathologique », Editions Vigot- frères, Paris, 1980, P.4-32.
- 31- WEINECK (J.) : « Biologie du sport », Editions Vigot, Paris, 1992, P.119.
- 32- WILMORE (J.) et COSTIL (L.C.) : « Physiologie du sport et de l'exercice », Editions De Boeck, Paris, 1999, P.17-670.
- 33- WINWOODR (S.) : « Manuel d'anatomie et de physiologie à l'usage des professions paramédicales », Editions D.H.F.K. Leipzig, Paris, 1973, P.35.

### TRAVAUX DE MEMOIRES

- 34- ANDRIANTSOAVINA Volahery Hanitra : « importance du travail au seuil anaérobie avec application du Test de CONCONI sur des athlètes malagasy », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 1994.
- 35- ANDRIANIRINA Vola Fenitra : « Essai d'études électromyographie et dynamométrique des effets du massage chez les athlètes malgaches », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 2005.
- 36- JAOMASY Fernand : « Contribution à l'amélioration du système d'entraînement des coureurs de demi-fond Malagasy : Importance de la vitesse maximale aérobie », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 1993.

- 37- RAHARILOMAMONJY Bakoliarisoa : « Proposition d'une nouvelle approche pédagogique et méthodologique de la course en milieu scolaire : le développement des possibilités aérobies par la vitesse maximale aérobie ( VMA ) », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 2003.
- 38- RAKOTONIRINA Louis Emile Marcel : « Recherche d'une forme idéale du pied du sprinter Malagasy », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 1990.
- 39- RALAIVAO Jean François : « Contribution à l'amélioration des performances en course de demi-fond : connaissance de la discipline et méthodes de détermination des valeurs caractéristiques des coureurs », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 2003.
- 40- RAVELOMANANTSOA Joseph : « L'apprentissage de la technique des courses en athlétisme. Par la pratique de la course de haie en milieu scolaire », Mémoire de CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, 1985.

### **REVUES DE PRESSE**

- 41- Bulletin de liaison des enseignants E.P.S : Académie Aix Marseille, 1980, P.25.
- 42- Entraînement sportif : Matthias Rimane in Le sport, 12 mai 2005, n° 12, P.5.
- 43- La journée mondiale du souffle, Article du journal Express de Madagascar, n° 3420 du 06 juin 2006.

### **COURS ET ENSEIGNEMENT**

- 44- RAMAROJAONA Jacques : « Effet de l'entraînement sur le muscle », cours de physiologie sur le système cardio-respiratoire, Département Education Physique et Sportive, Université d'Antananarivo, 2003-2004.
- 45- RAJAONARISON Jean Prosper : « Méthodologie de l'entraînement », cours des 4<sup>ème</sup> année, Département Education Physique et Sportive, Université d'Antananarivo, 2003-2004.

## **ANNEXE**

<b>N°</b>	<b>AGE</b> (Année-Mois)	<b>FREQUANCE CARDIAQUE</b> (BATTEMENT PAR MINUTE)	<b>POIDS</b> (kg)	<b>TAILLE</b> (M)	<b>SEXÉ</b>
01	21ans9mois	84	46	1,57	F
02	19ans4mois	96	60	1,59	F
03	19ans3mois	76	49	1,47	F
04	21ans2mois	64	52	1,54	F
05	22ans9mois	84	42	1,45	F
06	20ans11mois	72	45	1,61	M
07	18ans8mois	84	54	1,55	F
08	21ans3mois	92	50	1,64	M
09	19ans8mois	84	65	1,58	F
10	22ans6mois	80	49	1,52	F
11	20ans6mois	84	52	1,49	F
12	23ans3mois	80	50	1,54	F
13	23ans11mois	80	62	1,70	F
14	20ans3mois	76	57	1,54	F
15	44ans9mois	76	67	1,55	F
16	28ans11mois	80	57	1,56	F
17	23ans1mois	76	75	1,65	F
18	19ans2mois	96	47	1,61	M
19	22ans	92	52	1,53	F
20	27ans1mois	76	51	1,52	F
21	22ans4mois	92	50	1,57	F
22	19ans3mois	92	72	1,79	M
23	22ans1mois	100	64	1,63	F
24	23ans3mois	84	46	1,44	F
25	23ans1mois	80	44	1,48	F
26	24ans5mois	80	75	1,58	F
27	24ans4mois	80	52	1,62	F
28	22ans2mois	88	57	1,53	F
29	28ans5mois	88	46	1,52	F
30	18ans1mois	96	48	1,53	F
31	27ans7mois	72	51	1,57	F
32	18ans11mois	88	43	1,49	M
33	22ans8mois	84	62	1,58	M
34	20ans1mois	80	55	1,52	F
35	23ans1mois	84	45	1,60	F
36	19ans6mois	84	52	1,52	F
37	31ans5mois	80	75	1,74	M
38	19ans7mois	96	50	1,58	F
39	45ans11mois	76	64	1,71	M

40	21ans1mois	68	65	1,53	F
41	25ans	88	56	1,48	F
42	19ans7mois	92	60	1,60	F
43	24ans2mois	88	42	1,58	F
44	37ans6mois	88	64	1,66	M
45	21ans	88	53	1,67	M
46	29ans	80	54	1,63	F
47	20ans8mois	104	47	1,59	F
48	25ans5mois	84	55	1,66	F
49	24ans1mois	72	53	1,64	M
50	24ans9mois	88	55	1,58	F
51	21ans	92	45	1,43	F
52	30ans11mois	80	60	1,46	F
53	19ans3mois	92	44	1,46	M
54	19ans3mois	92	50	1,57	F
55	38ans7mois	76	54	1,65	M
56	20ans	88	44	1,50	F
57	20ans9mois	76	61	1,49	F
58	24ans5mois	92	67	1,61	F
59	22ans10mois	72	57	1,47	F
60	22ans3mois	76	52	1,62	F
61	20ans3mois	68	64	1,76	M
62	25ans4mois	80	48	1,61	F
63	16ans9mois	88	51	1,57	F
64	22ans	80	54	1,42	F
65	17ans2mois	88	57	1,58	F
66	29ans	64	42	1,52	F
67	23ans5mois	72	48	1,48	F
68	40ans	72	76	1,61	F
69	19ans8mois	80	50	1,53	F
70	18ans11mois	72	49	1,55	F
71	23ans8mois	84	51	1,56	F
72	23ans	80	46	1,60	F
73	48ans5mois	80	41	1,49	F
74	22ans5mois	80	55	1,65	F
75	23ans11mois	88	67	1,45	F
76	22ans3mois	84	62	1,74	M
77	18ans7mois	72	46	1,56	F
78	23ans10mois	80	36	1,45	F
79	28ans3mois	88	47	1,50	M
80	26ans8mois	88	47	1,54	F
81	23ans8mois	80	49	1,55	F

82	23ans11mois	80	37	1,52	F
83	29ans8mois	88	53	1,48	F
84	27ans11mois	96	67	1,64	F
85	21ans4mois	80	55	1,72	M
86	23ans3mois	84	54	1,62	M
87	22ans7mois	76	43	1,56	F
88	36ans3mois	96	73	1,72	M
89	24ans8mois	80	46	1,56	F
90	24ans11mois	88	40	1,57	F
91	23ans5mois	84	54	1,51	F
92	28ans7mois	68	54	1,62	M
93	29ans3mois	100	65	1,62	F
94	23ans6mois	76	48	1,69	F
95	27ans11mois	76	47	1,60	F
96	21ans8mois	76	53	1,54	F
97	24ans3mois	88	61	1,55	F
98	23ans5mois	84	49	1,43	F
99	20ans11mois	76	56	1,42	F
100	27ans	84	41	1,62	F
101	25ans10mois	80	48	1,60	F
102	23ans10mois	92	48	1,54	F
103	23ans6mois	84	46	1,56	F

**Tableau n°1 :** Données morphologiques des sujets non sportifs expérimentés

NUMERO	AGE (ANNEE-MOIS)	Fréquence cardiaque ( BATTEMENT PAR MINUTE)	POIDS (KG)	TAILLE (M)	SEXE
01	25ans9mois	84	56	1,64	M
02	24ans8mois	72	72	1,70	M
03	28ans10mois	84	53	1,63	M
04	26ans	100	49	1,57	F
05	33ans	80	61	1,67	M
06	34ans5mois	60	82	1,80	M
07	23ans11mois	80	67	1,80	M
08	25ans7mois	84	57	1,68	M
09	25ans6mois	72	69	1,65	M
10	24ans4mois	72	73	1,70	M
11	23ans1mois	76	56	1,60	F
12	26ans	92	57	1,71	M
13	27ans10mois	66	99	1,71	M
14	23ans3mois	76	50	1,58	F

15	24ans2mois	70	59	1,68	M
16	28ans5mois	65	63	1,58	F
17	25ans11mois	74	50	1,60	F
18	44ans	72	67	1,72	M
19	24ans9mois	70	72	1,75	M
20	25ans11mois	80	75	1,78	M
21	26ans3mois	60	61	1,60	M
22	25ans6mois	64	60	1,60	M
23	23ans11mois	84	64	1,70	M
24	25ans6mois	80	67	1,67	M
25	23ans4mois	72	61	1,67	F
26	22ans6mois	70	52	1,57	M
27	25ans11mois	68	55	1,60	M
28	26ans3mois	92	64	1,73	M
29	26ans1mois	60	58	1,67	M
30	26ans3mois	76	69	1,70	M
31	25ans2mois	62	64	1,67	M
32	24ans3mois	84	61	1,64	F
33	25ans1mois	88	76	1,67	M
34	27ans3mois	60	54	1,69	F
35	28ans	92	75	1,78	M
36	43ans9mois	72	62	1,70	M
37	25ans8mois	66	64	1,58	F
38	24ans8mois	84	61	1,70	M
39	28ans1mois	76	55	1,60	F
40	26ans	60	54	1,61	F
41	26ans4mois	64	65	1,68	M
42	24ans9mois	65	65	1,67	M
43	21ans11mois	82	68	1,75	M
44	23ans9mois	78	60	1,70	M
45	20ans5mois	66	80	1,82	M
46	21ans2mois	48	64	1,66	M
47	19ans4mois	72	70	1,79	M
48	21ans	42	57	1,74	M
49	20ans6mois	80	58	1,66	M
50	33ans11mois	78	52	1,62	M
51	20ans11mois	72	70	1,73	M
52	36ans6mois	78	68	1,74	M
53	22ans8mois	72	62	1,69	M
54	21ans9mois	78	54	1,64	M
55	44ans	60	77	1,72	M
56	19ans9mois	72	59	1,70	F
57	18ans3mois	72	62	1,68	F

58	20ans10mois	72	47	1,52	F
59	25ans11mois	80	66	1,76	M
60	25ans4mois	76	55	1,55	F
61	22ans1mois	76	57	1,71	M
62	20ans7mois	72	52	1,65	M
63	23ans	66	64	1,77	M
64	24ans	60	55	1,52	F
65	32ans3mois	60	75	1,90	M
66	19ans11mois	84	68	1,88	M
67	22ans3mois	68	64	1,68	M
68	20ans4mois	72	64	1,66	M
69	22ans10mois	64	70	1,68	M
70	21ans4mois	72	52	1,60	M
71	26ans4mois	80	69	1,71	M
72	26ans3mois	64	65	1,68	M
73	32ans2mois	66	60	1,60	M
74	23ans1mois	72	57	1,67	M
75	23ans10mois	72	71	1,67	M
76	33ans1mois	70	62	1,68	M
77	21ans10mois	84	63	1,63	F
78	19ans6mois	72	52	1,57	F
79	22ans8mois	76	55	1,61	M
80	20ans2mois	84	50	1,70	F
81	25ans1mois	66	50	1,50	F
82	18ans	78	52	1,62	F
83	19ans7mois	60	53	1,60	F
84	20ans5mois	54	65	1,72	M
85	28ans7mois	84	70	1,64	M
86	24ans5mois	84	66	1,70	M
87	23ans7mois	68	52	1,62	M
88	23ans	72	57	1,59	M
89	22ans5mois	70	53	1,53	M
90	31ans1mois	68	79	1,80	M
91	23ans11mois	80	63	1,70	M
92	26ans2mois	90	78	1,87	M
93	26ans3mois	80	58	1,61	M
94	23ans1mois	68	65	1,65	F
95	20ans6mois	65	65	1,75	M
96	20ans9mois	75	59	1,70	F
97	27ans	56	67	1,63	M
98	24ans3mois	84	53	1,65	F
99	20ans4mois	68	73	1,79	M
100	22ans7mois	73	54	1,60	M

101	20ans	84	54	1,62	M
102	26ans3mois	78	65	1,68	M
103	27ans2mois	68	65	1,75	M
104	22ans10mois	86	105	1,70	M
105	23ans2mois	72	74	1,75	M
106	24ans2mois	72	60	1,60	M
107	26ans	65	53	1,66	M
108	24ans7mois	68	46	1,51	F
109	36ans	59	76	1,77	M
110	24ans2mois	71	69	1,70	M
111	23ans2mois	61	59	1,70	M
112	30ans5mois	68	63	1,80	M
113	27ans6mois	59	64	1,73	F
114	21ans5mois	62	68	1,79	M
115	22ans1mois	92	66	1,69	F
116	23ans4mois	60	80	1,79	M
117	29ans11mois	59	61	1,64	M
118	27ans	66	53	163	M
119	37ans6mois	65	65	1,62	M
120	22ans9mois	70	66	1,86	M
121	23ans4mois	70	66	1,86	M
122	25ans4mois	50	64	174	M
123	27ans11mois	50	59	1,72	M
124	24ans2mois	54	61	1,63	F
125	21ans11mois	54	60	1,65	F
126	27ans11mois	80	52	1,77	M
127	21ans1mois	58	60	1,62	F
128	39ans7mois	60	63	159	M
129	27ans2mois	60	63	1,80	M
130	25ans3mois	58	69	1,68	M
131	24ans3mois	70	59	163	M
132	21ans11mois	60	59	1,63	F

**Tableau n°03 : Données Morphologiques des sujets sportifs expérimentés**

<b>N°</b>	<b>AGE</b> (année-mois)	<b>POIDS</b> (kg)	<b>TAILLE</b> (M)	<b>SEXÉ</b>	<b>Tension</b> <b>Artérielle</b>
01	21ans9mois	46	1,57	F	11/6
02	19ans4mois	60	1,59	F	11/7
03	19ans3mois	49	1,47	F	9/5
04	21ans2mois	52	1,54	F	9/6
05	22ans9mois	42	1,45	F	10/6
06	20ans11mois	45	1,61	M	10/7
07	18ans8mois	54	1,55	F	10/6
08	21ans3mois	50	1,64	M	12/7
09	19ans8mois	65	1,58	F	10/6
10	22ans6mois	49	1,52	F	11/6
11	20ans6mois	52	1,49	F	10/6
12	23ans3mois	50	1,54	F	9/6
13	23ans11mois	62	1,70	F	12/7
14	20ans3mois	57	1,54	F	10/6
15	44ans9mois	67	1,55	F	14/10
16	28ans11mois	57	1,56	F	12/7
17	23ans1mois	75	1,65	F	11/7
18	19ans2mois	47	1,61	M	11/6
19	22ans	52	1,53	F	10/6
20	27ans1mois	51	1,52	F	10/6
21	22ans4mois	50	1,57	F	11/6
22	19ans3mois	72	1,79	M	13/7
23	22ans1mois	64	1,63	F	11/7
24	23ans3mois	46	1,44	F	9/6
25	23ans1mois	44	1,48	F	10/6
26	24ans5mois	75	1,58	F	11/7
27	24ans4mois	52	1,62	F	10/6
28	22ans2mois	57	1,53	F	10/5
29	28ans5mois	46	1,52	F	11/7
30	18ans1mois	48	1,53	F	11/7
31	27ans7mois	51	1,57	F	10/6
32	18ans11mois	43	1,49	M	9/6
33	22ans8mois	62	1,58	M	11/6
34	20ans1mois	55	1,52	F	10/6
35	23ans1mois	52	1,60	F	11/6
36	19ans6mois	50	1,52	F	9/6
37	31ans5mois	75	1,74	M	12/7
38	19ans7mois	64	1,58	F	11/6
39	47ans11mois	65	1,71	M	16/9
40	21ans1mois	56	1,53	F	11/6
41	25ans	60	1,48	F	11/6

42	19ans7mois	42	1,60	F	12/6
43	24ans2mois	64	1,58	F	10/7
44	37ans6mois	53	1,66	M	11/6
45	21ans	54	1,67	M	11/6
46	29ans	47	1,63	F	10/6
47	25ans5mois	55	1,59	F	11/6
48	20ans8mois	45	1,66	F	11/6
49	24ans1mois	53	1,64	M	9/6
50	24ans9mois	55	1,58	F	10/6
51	20ans	45	1,43	F	9/5
52	31ans11mois	60	1,46	F	11/8
53	19ans3mois	44	1,46	M	11/7
54	19ans3mois	50	1,57	F	10/6
55	38ans7mois	54	1,61	M	10/6
56	20ans	44	1,50	F	10/6
57	20ans9mois	61	1,49	F	10/6
58	24ans5mois	67	1,61	F	12/7
59	22ans10mois	57	1,47	F	11/6
60	22ans3mois	52	1,62	F	11/7
61	20ans3mois	64	1,76	M	11/7
62	25ans4mois	48	1,61	F	10/7
63	16ans9mois	51	1,57	F	9/5
64	22ans	54	1,42	F	10/6
65	17ans2mois	57	1,58	F	10/6
66	29ans	42	1,52	F	12/8
67	23ans5mois	48	1,48	F	10/6
68	40ans4mois	76	1,61	F	11/7
69	19ans8mois	50	1,53	F	10/6
70	18ans11mois	49	1,55	F	11/6
71	23ans8mois	51	1,56	F	11/6
72	23ans	46	1,60	F	13/9
73	48ans5mois	41	1,49	F	10/6
74	22ans5mois	55	1,65	F	10/6
75	23ans11mois	67	1,45	F	12/9
76	22ans3mois	62	1,74	M	10/6
77	18ans7mois	46	1,60	F	11/6
78	23ans10mois	36	1,45	F	9/6
79	28ans3mois	47	1,50	M	12/7
80	26ans8mois	47	1,54	F	10/6
81	23ans8mois	49	1,55	F	9/5
82	23ans11mois	37	1,52	F	9/5
83	29ans8mois	53	1,48	F	12/8
84	27ans11mois	67	1,64	F	11/6

85	21ans4mois	55	1,72	M	12/6
86	23ans3mois	54	1,62	M	11/6
87	22ans7mois	43	1,56	F	8/6
88	36ans3mois	73	1,72	M	12/8
89	24ans8mois	46	1,56	F	10/6
90	24ans11mois	40	1,57	F	9/6
91	23ans5mois	54	1,51	F	10/6
92	28ans7mois	54	1,62	M	11/7
93	29ans3mois	65	1,62	F	13/7
94	23ans6mois	48	1,69	F	9/6
95	27ans11mois	47	1,60	F	10/7
96	21ans8mois	53	1,54	F	16/9
97	24ans3mois	61	1,55	F	10/6
98	23ans5mois	49	1,43	F	11/6
99	20ans11mois	56	1,42	F	14/8
100	27ans	41	1,62	F	11/7
101	25ans10mois	48	1,60	F	8/5
102	23ans10mois	48	1,54	F	10/6
103	23ans6mois	46	1,56	F	10/6

**Tableau n°05 : Valeur de la tension artérielle des sujets < non sportifs >**

<b>N°</b>	<b>AGE(Année-mois)</b>	<b>POIDS(kg)</b>	<b>TAILLE(m)</b>	<b>SEXЕ</b>	<b>Tension Artérielle</b>
01	25ans9mois	56	1,64	M	11/6
02	24ans8mois	72	1,79	M	12/6
03	28ans10mois	53	1,63	M	11/6
04	26ans	49	1,57	F	12/8
05	33ans	61	1,67	M	10/6
06	34ans5mois	82	1,80	M	14/8
07	23ans11mois	67	1,80	M	12/7
08	25ans7mois	57	1,68	M	12/6
09	25ans6mois	69	1,65	M	11/6
10	24ans4mois	73	1,70	M	12/7
11	23ans1mois	56	1,60	F	12/6
12	26ans	57	1,71	M	11/6
13	27ans10mois	99	1,71	M	9/6
14	23ans3mois	50	1,58	F	11/6
15	24ans2mois	59	1,68	M	13/7
16	28ans5mois	63	1,58	F	11/6
17	25ans11mois	50	1,60	F	9/5
18	44ans	67	1,72	M	12/8
19	24ans9mois	72	1,75	M	12/7
20	25ans11mois	75	1,78	M	10/6
21	26ans3mois	61	1,60	M	12/7
22	25ans6mois	60	1,60	M	11/6
23	23ans11mois	64	1,70	M	12/7
24	25ans6mois	67	1,67	M	11/7
25	23ans4mois	61	1,67	M	11/6
26	22ans6mois	52	1,57	F	9/6
27	25ans11mois	55	1,60	M	10/6
28	26ans3mois	64	1,73	M	11/6
29	26ans1mois	58	1,67	M	11/7
30	26ans3mois	69	1,70	M	15/9
31	25ans2mois	64	1,67	M	11/8
32	24ans3mois	61	1,64	F	10/6
33	25ans1mois	76	1,67	M	15/9
34	27ans3mois	54	1,69	F	11/6
35	28ans	75	1,78	M	13/7
36	43ans9mois	62	1,70	M	12/6
37	25ans8mois	64	1,58	F	10/6
38	24ans8mois	61	1,70	M	12/7
39	28ans1mois	55	1,60	F	9/6
40	26ans	54	1,61	F	9/6
41	26ans4mois	65	1,68	M	10/7

42	24ans9mois	65	1,67	M	12/6
43	23ans7mois	52	1,62	M	11/6
44	23ans	57	1,59	M	10/6
45	22ans5mois	53	1,53	M	10/6
46	30ans1mois	79	1,80	M	12/7
47	23ans11mois	63	1,70	M	12/6
48	26ans2mois	98	1,87	M	16/10
49	26ans3mois	58	1,61	M	12/8
50	23ans1mois	65	1,65	F	12/6
51	20ans6mois	65	1,75	M	13/8
52	20ans9mois	59	1,70	F	10/6
53	27ans	57	1,63	M	9/6
54	24ans3mois	53	1,65	F	10/6
55	20ans4mois	73	1,79	M	11/6
56	22ans7mois	54	1,60	M	14/8
57	20ans	54	1,62	M	12/6
58	26ans3mois	65	1,68	M	11/6
59	27ans2mois	65	1,75	M	12/6
60	22ans10mois	105	1,70	M	13/7
61	23ans2mois	74	1,58	M	10/6
62	24ans2mois	60	1,60	M	12/6
63	26ans	53	1,66	M	10/7
64	24ans7mois	46	1,51	F	11/6
65	36ans	76	1,77	M	11/7
66	24ans2mois	69	1,70	M	10/6
67	23ans3mois	59	1,70	M	12/6
68	30ans5mois	103	1,80	M	11/6
69	27ans6mois	64	1,73	F	11/6
70	21ans5mois	68	1,79	M	12/8
71	22ans1mois	92	1,69	F	11/6
72	23ans4mois	80	1,79	M	10/6
73	29ans11mois	61	1,64	M	14/8
74	37ans6mois	53	1,63	M	12/6
75	22ans9mois	65	1,62	M	11/6
76	32ans4mois	66	1,86	M	12/7
77	25ans4mois	66	1,86	M	9/5
78	27ans11mois	64	1,74	M	10/6
79	27ans	59	1,72	M	13/6
80	24ans2mois	61	1,63	F	10/6
81	21ans11mois	63	1,65	F	12/6
82	27ans11mois	60	1,77	M	11/6
83	21ans1mois	52	1,62	F	11/6
84	39ans7mois	60	1,59	M	10/6

85	27ans2mois	63	1,80	M	10/6
86	25ans3mois	69	1,68	M	12/6
87	24ans3mois	59	1,63	M	10/6
88	21ans11mois	59	1,63	F	10/6
89	21ans11mois	68	1,75	M	11/6
90	23ans9mois	60	1,70	M	10/6
91	20ans5mois	80	1,82	M	12/8
92	21ans2mois	64	1,66	M	10/6
93	19ans4mois	70	1,79	M	13/6
94	21ans2mois	67	1,74	M	13/7
95	20ans6mois	58	1,66	M	13/7
96	33ans11mois	52	1,62	M	10/7
97	20ans11mois	70	1,73	M	13/7
98	36ans6mois	68	1,74	M	13/7
99	22ans8mois	62	1,69	M	12/6
100	21ans9mois	54	1,64	M	12/6
101	44ans	77	1,72	M	12/8
102	19ans9mois	59	1,70	F	13/7
103	18ans3mois	62	1,68	F	9/6
104	20ans10mois	47	1,52	F	11/6
105	25ans11mois	66	1,76	M	13/7
106	25ans4mois	55	1,55	F	9/6
107	22ans1mois	57	1,71	M	10/6
108	20ans7mois	52	1,65	M	11/6
109	23ans	64	1,77	M	13/9
110	24ans	55	1,52	F	13/8
111	32ans3mois	75	1,90	M	13/7
112	19ans11mois	68	1,88	M	13/7
113	22ans3mois	64	1,66	M	10/6
114	20ans4mois	64	1,66	M	11/7
115	22ans10mois	70	1,68	M	11/6
116	21ans4mois	52	1,60	M	12/6
117	26ans4mois	69	1,71	M	13/7
118	26ans3mois	65	1,68	M	13/7
119	32ans2mois	60	1,60	M	9/6
120	23ans1mois	57	1,67	M	10/6
121	23ans10mois	71	1,67	M	11/7
122	33ans1mois	62	1,68	M	12/7
123	21ans10mois	63	1,63	M	9/6
124	19ans6mois	52	1,57	M	9/5
125	22ans8mois	55	1,61	M	10/6
126	20ans2mois	50	1,70	F	11/7
127	25ans1mois	50	1,50	F	11/7

128	18ans	52	1,62	F	9/5
129	19ans7mois	53	1,60	F	12/6
130	20ans5mois	65	1,72	M	12/8
131	28ans7mois	70	1,64	M	10/7
132	24ans5mois	66	1,70	M	13/7

**Tableau n°06 : Valeur de la tension artérielle des sujets « sportifs »**

N°	AGE (Année-mois)	POIDS (kg)	TAILLE (m)	SEXЕ	CAPACITE VITALE THEORIQUE (L)	CAPACITE VITALE REALISE (L)
01	27ans1mois	50	1,69	M	4,69	3,96
02	14ans	50	1,75	M	4,59	3,55
03	30ans	52	1,62	F	3,53	2,98
04	49ans7mois	54	1,67	M	4,53	4,39
05	19ans4mois	62	1,65	M	3,89	3,13
06	30ans	48	1,60	F	3,55	2,84
07	33ans10mois	60	1,60	F	3,34	2,71
08	16ans6mois	47	1,60	M	3,53	3,17
09	43ans6mois	58	1,62	F	3,14	2,97
10	29ans	60	1,58	F	3,38	2,84
11	30ans4mois	47	1,72	M	4,79	4,67
12	19ans3mois	58	1,80	M	5,38	4,35
13	35ans9mois	60	1,53	F	2,89	3,15
14	15ans7mois	44	1,51	F	2,73	2,97
15	44ans11mois	50	1,52	F	2,70	2,56
16	23ans9mois	49	1,63	M	4,40	4,14
17	36ans9mois	60	1,55	F	3,04	2,94
18	41ans11mois	72	1,63	M	3,98	3,47
19	34ans7mois	48	1,66	M	4,34	4,23
20	18ans7mois	63	1,69	M	4,74	4,06
21	18ans11mois	50	1,57	M	4,05	3,39
22	24ans2mois	50	1,59	F	3,50	3,77
23	54ans8mois	56	1,54	F	2,53	2,62
24	54ans7mois	88	1,71	M	4,86	4,77
25	54ans11mois	72	1,69	M	4,67	4,16
26	55ans7mois	68	1,65	M	4,51	4,26
27	30ans5mois	52	1,72	M	4,55	4,80
28	16ans4mois	65	1,65	M	4,51	4,43
29	54ans3mois	55	1,66	M	3,93	3,85
30	21ans3mois	70	1,66	M	4,57	4,71

**Tableau n°08 : Données morphologiques des sujets « non sportifs » et valeur de leur capacité vitale**

N°	AGE (Année-mois)	POIDS (kg)	TAILLE (m)	SEXE	CAPACITE VITALE THEORIQUE (L)	CAPACITE VITALE REALISE (L)
01	25ans11mois	57	1,68	M	4,65	5,05
02	27ans10mois	95	1,71	M	4,82	4,43
03	26ans5mois	63	1,75	M	4,92	5,27
04	28ans3mois	52	1,60	F	4,46	2,48
05	24ans7mois	52	1,63	F	4,99	2,70
06	23ans9mois	60	1,70	M	4,65	4,69
07	21ans2mois	60	1,66	M	5,47	4,25
08	21ans2mois	68	1,75	M	4,33	5,23
09	22ans8mois	60	1,68	M	5,15	4,78
10	25ans11mois	60	1,78	M	5,18	5,17
11	32ans1mois	65	1,67	M	5,17	4,39
12	20ans7mois	62	1,65	M	4,25	3,35
13	23ans	45	1,77	M	5,26	5,65
14	24ans3mois	64	1,52	F	3,18	3,66
15	19ans1mois	55	1,89	M	5,74	4,95
16	22ans5mois	62	1,67	M	4,59	4,71
17	23ans	60	1,70	M	4,77	4,37
18	21ans6mois	67	1,60	M	4,11	4,09
19	42ans4mois	46	1,60	M	4,88	3,00
20	26ans6mois	69	1,71	M	3,50	3,96
21	24ans	68	1,66	M	4,61	4,27
22	33ans3mois	63	1,68	M	4,41	4,67
23	22ans8mois	54	1,62	M	3,70	3,37
24	18ans2mois	57	1,60	F	4,47	3,32
25	20ans7mois	65	1,72	M	3,42	5,06
26	28ans5mois	71	1,64	M	4,74	3,50
27	20ans6mois	71	1,79	M	4,23	4,37
28	27ans3mois	64	1,75	M	5,21	3,59
29	36ans	78	1,78	M	3,45	4,73
30	22ans	60	1,63	F	3,65	3,14

**Tableau n°09 : Données morphologiques des sujets « sportifs » avec la valeur de leur capacité vitale**

