

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS

**I.N.S.E.P.S.**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA FREQUENCE  
CARDIAQUE AU REPOS ET A L'EFFORT  
EN CLIMAT TROPICAL**

**PAR LAMINE KAMARA**

**MEMOIRE DE MAITRISE**

**DIRECTEUR**

**ES-STAPS**

**Dr FALLOU CISSE**

**84 - 85**

Nous exprimons notre gratitude :

- au Dr. Fallou CISSE pour avoir dirigé ce mémoire,
- à M<sup>e</sup>lle Adama CAMARA pour la réalisation technique,
- à tous les sujets qui ont prêté si gentiment leur concours pour le bon déroulement des épreuves.

- ∟) MON PERE MAMADOU KAMARA
- ∟) MA MERE AWA SONKO
- ∟) MON ONCLE MOUSSA SONKO et à sa femme
- ∟) TOUS MES FRERES et SOEURS, COUSINS et COUSINES
- ∟) TOUS MES AMIS ET CAMARADES DE PROMOTION,

pour une franche unité.

# S O M M A I R E

=====

	Pages
<u>I N T R O D U C T I O N</u> .....	I
 C H A P I T R E I R A P P E L S P H Y S I O L O G I Q U E S.....	 3
I - Mddifications cardiaques à l'effort.....	3
II - la fréquence cardiaque.....	3
a - définition.....	3
b - variation à l'effort.....	3
c - la fréquence cardiaque chez le sportif.....	4
( le coeur du sportif )	
I2 - le débit cardiaque.....	6
a - définition.....	6
b - variation à l'effort et méthode de mesure....	6
I3 - le volume systolique.....	7
II - Modifications circulatoires en climat tropical.....	9
2I - adaptations de l'homme à l'ambiance.....	9
22 - lutte contre la chaleur.....	I3
23 - acclimatation à la chaleur.....	I3
24 - modifications à l'effort en climat tropical....	I4
III - Quelques méthodes d'évaluation de l'aptitude physi- que reposant sur la fréquence cardiaque.....	 I5
3I - l'aptitude physique proprement dite.....	I5
32 - la consommation d'oxygène ( $\dot{V}o_2$ ).....	I6
a - définition de la $\dot{V}o_2$ .....	I6
b - évolution de la $\dot{V}o_2$ à l'effort.....	I6
c - facteurs influençants la $Vo_2$ .....	I7
33 - tests d'évaluations de l'aptitude physique.....	17
a - épreuves ayant pour critères la détermination de la capacités aérobie ( $\dot{V}o_2$ Max. ).....	 I7
b - épreuves ayant pour critères la récupération cardiaque à l'effort.....	 I8
Conclusion.....	I9



<u>C H A P I T R E II</u>	MATERIEL et METHODE .....	20
21	- description de l'échantillon.....	20
	a - le groupe des sédentaires.....	20
	b - le groupe des sportifs.....	20
	- Les cyclistes	
	- les handballeurs	
	c - critères de sélection .....	21
22	- le matériel .....	21
	a - la bicyclette ergométrique.....	21
	b - le rythmostat .....	22
	c - le tensiomètre .....	22
	d - les autres appareils.....	22
23	- procédés de recueil des données.....	22
	a - précautions .....	22
	b - méthodologie .....	23
24	- traitement des données statistiques.....	23
<u>C H A P I T R E III</u>	RESULTATS .....	24
31	- présentation des résultats .....	24
	a - la fréquence cardiaque de repos .....	24
	b - la fréquence cardiaque maximale réelle .....	24
	c - différence entre fréquence cardiaque maximale réelle et de repos.....	24
32	- comparaison des résultats .....	29
	a - résultats des handballeurs et des cyclistes.....	29
	b - résultats des sédentaires et des sportifs.....	29
<u>C H A P I T R E IV</u>	COMMENTAIRES des RESULTATS .....	31
41	- la fréquence cardiaque de repos .....	31
42	- la fréquence cardiaque maximale .....	31
	a - fréquence maximale et puissance .....	32
	b - fréquence maximale et âge .....	32
RESUME et CONCLUSION GENERALE .....		33
BIBLIOGRAPHIE .....		38

## I N T R O D U C T I O N

La pratique des activités physiques a de tout temps été d'actualité, car l'homme a toujours voulu explorer ses capacités physiques, jusqu'à ses limites extrêmes. Déjà dans l'antiquité les grecs lui donnaient le pouvoir de maintien de l'équilibre, à la fois physique et psychique de l'individu.

De nos jours, le sport occupe une place importante, dans la société. Tout le monde s'accorde à lui donner, en dehors de son intérêt hygiénique, un aspect préparatoire à la vie pratique, et un bien être social pour l'homme.

De par leur position géographique, les régions tropicales, avec les régions équatoriales, sont les zones les plus chaudes de la terre. Cette ambiance climatologique leur confère un caractère particulier, qui fait que l'adaptation de l'individu au travail, est un problème préoccupant.

La chaleur des zones tropicales constitue une menace permanente à laquelle est exposée une forte proportion de la population du monde. Elle apporte une contrainte inévitable à l'organisme humain et entre en compétition avec le travail physique et l'exercice musculaire en général.

Pour nous africains, il est hors de question, de vouloir négliger cet handicap bioclimatologique, et d'en ignorer les répercussions, qui peuvent avoir des conséquences nuisibles, sur les divers secteurs de l'activité humaine. Un tel fait est donc important, quand on considère le problème de la capacité de l'homme au travail sous nos climats.

Par ailleurs, le bas niveau socio-économique, associé au poids des parasitoses, et à l'insuffisance des ressources vivrières, des pays du sahel, nous a fait réfléchir sur la réaction de l'homme d'Afrique considéré dans son contexte bioclimatologique.

Originaire de pays tropical, vivant donc en climat de chaleur et adepte du sport, nous nous sommes intéressés à l'adaptation cardiovasculaire à l'effort sous la chaleur et plus précisément, à l'influence de l'agression thermique sur les valeurs de la fréquence cardiaque au repos et à l'effort. Ceci nous permettra d'apprécier l'adaptation à

l'exercice musculaire des individus ( Sportifs et sédentaires )  
vivants en climat tropical, et d'évaluer leur niveau d'entraînement.

Pour ce faire nous allons dans le chapitre I, faire un rappel de notions de physiologie concernant les modifications cardiaques au cours de l'effort et en climat chaud. Dans le chapitre II, nous exposerons notre méthode de travail personnel. Enfin, dans les chapitres III et IV nous poserons les résultats et ferons leurs analyses avant de conclure.

## CHAPITRE I Rappels Physiologiques

Lors de l'exercice physique, des modifications se produisent au niveau de l'organisme, où l'on observe toujours une adaptation de l'appareil cardiovasculaire. Ces modifications conditionnent en grande partie, l'aptitude à fournir un effort ( statique ou dynamique ). C'est pourquoi, nous allons pour rendre compréhensible notre étude, en définir quelques unes .

### I - MODIFICATIONS CARDIAQUES à L'EFFORT

#### II - La fréquence Cardiaque ( F C )

##### a - définition :

C'est le nombre de battements cardiaques dans l'unité de temps. Son rythme est synchrone du nombre de contractions ventriculaires par minute. Elle peut être, déterminée avec un sthétoscope, ou avec un électrocardiogramme ( E C G ), ou simplement, par la palpation directe du coeur, au niveau sous pectoral gauche, ou à travers les côtes.

La fréquence cardiaque de repos chez l'homme adulte sain, placé dans des conditions thermiques idéales, est d'environ 65 battements par minute ( bat / mn ). Chez la femme, cette valeur est légèrement supérieure, pouvant atteindre 70 à 75 bat. / mn.

La fréquence cardiaque augmente à l'effort et peut atteindre des valeurs deux fois à deux fois et demie supérieures à celles mesurées au repos. ASTRAND et RODHAL ont pu affirmer que, " la fréquence cardiaque maximale à l'effort dépend du facteur âge auquel il est lié par la relation  $220 - \text{âge}$  ". ( I )

##### b - Variation de la fréquence cardiaque à l'effort

Un exercice physique même minime, accélère le rythme du coeur. Le rythme cardiaque augmente de façon parallèle au débit cardiaque. C'est l'une des possibilités d'augmentation de celui-ci.

Chez l'athlète entraîné, le débit cardiaque augmente en fonction de l'onde systolique, qui peut doubler ou tripler, et de la fréquence cardiaque. L'accroissement de cette dernière, se fait au <sup>dé</sup>pende la diastole, période pendant laquelle, se fait le remplissage ventriculaire et la perfusion des coronaires.

Il en résulte donc, que la tachycardie constitue une gêne, pour l'augmentation du débit du myocarde.

Ces différentes modifications, ont suscité de la part des physiologistes, beaucoup de réflexions et de théories. GUILLET et GENETY ( 7 ) notent une élévation progressive du rythme, d'autant plus nette, que le sujet est moins entraîné. Ils remarquent qu'entre certaines limites, le rythme cardiaque évolue de façon linéaire par rapport à l'intensité de l'exercice. Pour CHALLEY - BERT et PLAS ( 3 ), il varie pour un même effort selon l'âpreté de la compétition, le degré d'entraînement du sujet, son classement, la température extérieure.

Il faut noter enfin, que tous les auteurs s'accordent à admettre, que pour un exercice accompli dans les mêmes conditions, les sujets les plus aptes physiquement, ont une fréquence cardiaque plus basse que les autres. ( 3, 7 )

Après l'effort, commence le temps de retour au calme. C'est le moment pendant lequel, la fréquence cardiaque va progressivement diminuer, pour retrouver sa valeur initiale. Il est très variable, et peut être court, ou long, selon que le sujet est entraîné ou non. Il permet à l'organisme de régler sa dette d'oxygène.

CHALLEY & BERT et PLAS ( 3 ) estiment que pour un effort donné, accompli dans les mêmes conditions, le temps de retour du rythme cardiaque à son chiffre initial, est le même chez tout sujet normal. Si pour cet effort, en respectant les mêmes conditions, ce temps se trouve prolongé, on parle de fatigue ou de surentraînement. Ainsi, " la surveillance du temps de retour au calme du pouls est un moyen commode, sûr, et du reste fort employé pour surveiller l'entraînement des jeunes. "

Il faut noter que, c'est sur ce principe que sont basées les épreuves d'aptitude physique, comme on le verra plus loin. Il y'a donc un intérêt à connaître les valeurs du rythme cardiaque, au repos, à l'effort et pendant la période de récupération, pour apprécier correctement le pouvoir d'adaptation à l'exercice de tout sujet.

c ) la fréquence cardiaque chez le sportif .

( le coeur du sportif )

Nous envisageons de parler du coeur du sportif pour une double raison :

- D'abord, parce que le coeur est un muscle, bien qu'ayant une physionomie et un rôle particulier.

- Ensuite, comme tout muscle, quand il est soumis à des efforts intenses et répétés, il va être marqué, par des modifications touchant aussi bien sa morphologie, que son hémodynamique.

Chez l'athlète entraîné, le coeur est toujours un coeur normal, mais qui présente la particularité d'être :

- lent
- gros
- sthénique.
- La bradycardie du sportif .

Elle est très relative et inconstante à cause de l'émotivité. Elle dépend de deux ( 2 ) facteurs qui sont : le type de sport pratiqué et le niveau d'entraînement. Elle est très bien connue des entraîneurs, et se retrouve chez les sujets pratiquants des efforts prolongés et intenses.

Les rythmes les plus lents, s'observent chez les coureurs de fond et de demi-fond, les cyclistes et les boxeurs.

Des études menées par BERMAN ( 8 ), LAUBRY et VAN BOGAERT ( 11 ) ont montré que cette bradycardie est probablement d'origine vagale, le coeur battant au rythme sinusal. Ces mêmes auteurs affirment toujours que, " la répétition fréquente d'un exercice corporel intense, augmente le tonus parasympathique qui l'emporte au repos sur le tonus antagoniste sympathique. Le parasympathique cardiomodérateur dominant le sympathique, on peut donc trouver là, la clef du phénomène du ralentissement cardiaque, décelée au repos, chez le sportif bien entraîné."

Après de telles constatations, une question vient à l'esprit : comment l'athlète parvient-il à satisfaire son besoin accru en oxygène avec le peu de pulsations cardiaques qu'il a ? Cela est possible, par l'augmentation du débit cardiaque, qui se fait beaucoup plus, au dépens de l'accroissement important du débit systolique, que de la fréquence cardiaque.

Notons enfin, que la lenteur du rythme cardiaque chez le sportif, peut être dû, à l'accroissement important du volume cardiaque, que nous allons étudier ci-après.

- Le volume cardiaque

Sous l'influence du travail, le muscle cardiaque s'épaissit et se développe, comme tout autre muscle du corps. On retrouve ainsi chez le sportif, un coeur gros, non pathologique, dont la forme est de deux types.

- Un coeur globuleux témoin d'une bonne répartition des efforts. C'est celui des jeunes athlètes, des footballeurs, des nageurs et des cyclistes bien entraînés.

- Un développement prééminent du coeur gauche, qui a tendance à se coucher sur le diaphragme. Il se rencontre chez les sujets peu aptes à accomplir des efforts prolongés et intenses.

Ces observations ont fait l'objet de plusieurs études, parmi lesquelles nous ne rapporterons que celles de FABRE ( 15 ), qui affirme que " l'hypertrophie touche uniformément, toutes les parties de l'organe. Elle est beaucoup plus manifeste chez ceux qui effectuent des travaux manuels, que ceux qui sont sédentaires " .

- La force de contraction cardiaque .

C'est par la puissance cardiaque, que l'athlète parvient à adapter l'apport énergétique à la demande accrue pendant l'effort. Cette puissance se manifeste au repos par des battements amples, avec des contractions lentes et vigoureuses. Elle<sup>e</sup> fait de :

- l'augmentation du myocarde.
- l'augmentation des cavités cardiaques.

I2 - Le débit cardiaque

a - Définition :

C'est le volume de sang éjecté par chaque ventricule en une minute. Les deux ventricules droit et gauche étant placés en série, le débit de chacun d'entre eux est identique et égal au débit cardiaque. Au repos, il a une valeur de 5 à 6 litres.

b - Variation à l'effort et méthode de mesure .

Le débit cardiaque est augmenté au cours de l'effort et peut passer à 15 - 20 litres par minute chez le sédentaire et à 25 - 30 litres chez le sportif .

Le débit cardiaque ( Q ) évolue avec le volume d'éjection systolique ( V S ) et la fréquence cardiaque ( F C ) suivant la relation :

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

Q = litres / mn  
VS = l.  
FC = Batt / mn.

Son étude a dans le temps intéressé beaucoup d'auteurs, parmi lesquels, Haller en 1761, puis Hering en 1827. Il faut attendre 1870, pour que Fick propose un principe permettant le calcul du débit sanguin nécessaire au transport de l'oxygène capté dans les alvéoles pulmonaires. Ce principe utilise comme indicateur, ce gaz contenu dans le sang, et nécessite la mesure de sa concentration dans les veines et les artères.

$$V_{O_2} = Q ( C_a - C_v )_{O_2}$$

$V_{O_2}$  = Consommation d'oxygène  
(  $C_a - C_v$  )  $O_2$  = différence artério-veineuse de l'oxygène  
Q = débit cardiaque.

Il faut noter cependant, que la concentration artérielle en  $O_2$  ( $C_a O_2$ ), dépend des facteurs respiratoires, le débit ( Q ) résulte de l'activité cardiaque, et la différence artério-veineuse ( $C_a O_2 - C_v O_2$ ) est influencée par les conditions circulatoires locales et générales, qui régissent la répartition du sang dans l'ensemble du lit vasculaire.

On admet qu'à l'effort le coeur peut quintupler son débit, qui dans bien des cas, s'avère insuffisant pour couvrir les besoins de l'organisme. Il apparaît ainsi des signes de fatigue, qui témoignent de la lourde dette d'oxygène que le muscle a contractée.

### I3 - Le volume d'éjection systolique .

Il est étroitement lié au débit cardiaque. C'est la quantité de sang, que chaque ventricule éjecte dans l'artère correspondant, à chaque contraction cardiaque. Le volume du ventricule gauche, est égal à celui du ventricule droit.

Au repos, le volume d'éjection systolique est égal à 0,07 à 0,08l. Ce volume indique une grande différence entre le sédentaire

et le sportif, du fait de son importante variation à l'effort. Chez le premier, il peut atteindre 0,091 à l'exercice, alors que chez le second, il peut augmenter de 50 à 60% de sa valeur de repos.

Cependant, il n'y a pas un parallélisme rigoureux entre l'augmentation du volume systolique et l'intensité de l'effort. Le mécanisme peut s'expliquer par l'application de la loi de STARLING sur les mécanismes de compensation du coeur : " meilleur remplissage, meilleur évacuation " ( 16 ) .

Pour Guillet et Génety ( 7 ) le volume systolique est influencé par la pression de remplissage du coeur et par la diminution du résidu post-systolique, due à une contraction cardiaque plus efficace. Cet effet serait très marqué chez le sportif préparé à une résistance poussée, et dont la masse myocardique plus développée permettrait des contractions plus puissantes.

Starling a bien montré dans ses travaux, que le débit est en grande partie fonction du remplissage ventriculaire ( 16 ) dont l'amélioration se fait selon le mécanisme suivant : le travail musculaire permet le retour veineux, la contraction des muscles squelettiques comprime les veines et propulse le sang vers le coeur. De plus l'hyperventilation favorise le vide pleural inspiratoire qui aspire le sang vers le coeur, et la dilatation des capillaires musculaires et la vasodilatation des territoires périphériques entraînent une augmentation du retour veineux ( 3 )

Il faut noter dès à présent, que les modifications cardiaques que nous venons de citer ne sont pas à envisager seules au cours de l'activité musculaire. Elles sont concomitantes des autres modifications, décelées dans différentes parties de l'organisme que sont :

- les muscles : elles lui permettent d'augmenter sa consommation d'oxygène.

- le secteur cutané dont la vasodilatation est fonction de l'intensité de l'exercice et de la température ambiante.

- le secteur cérébral

- le secteur vasculaire

## II - Modifications Circulatoires en climat tropical

### 2I - Adaptations de l'homme à l'ambiance

L'homme se protège contre les agressions thermiques de l'ambiance en maintenant sa température corporelle constante : c'est un homéotherme.

Pour Astrand et Rodhal ( 1 ) la zone de confort de l'homme nu, correspond à une ambiance thermique de  $28^{\circ}$ . Dans ces conditions, la température du noyau est de  $37^{\circ}\text{C}$ , alors que celle de la peau est de  $33^{\circ}\text{C}$  en moyenne. La production de chaleur équilibre la déperdition.

Dans les conditions de base, c'est à dire au repos et à jeun, la production de chaleur correspond au métabolisme basal. Pour un adulte, elle est de 40 calories par mètre carré de surface corporelle et par heure. La déperdition est assurée par la thermolyse cutanée. Ce sont avant tout, les déperditions par convection et par radiation qui représentent la part la plus importante de la dépense calorique totale dans la zone de neutralité thermique et dans la zone de froid.

La déperdition par convection, est un renouvellement des molécules du milieu ambiant, échauffées au contact de la peau. Elle est assurée soit par le déplacement de l'air ambiant ( ventilation ) soit par celui du sujet.

Le débit de la déperdition calorique par convection, évolue de façon proportionnelle, avec la différence de température entre le milieu ambiant et la surface corporelle. Il est d'autant plus faible, que la différence de température sera moindre. Il devient nul, en cas d'égalité de températures. Il n'y aurait donc pas de déperdition par convection, pour une température de  $33^{\circ}\text{C}$ . Il faut noter aussi que le sens des échanges thermiques, peut s'inverser si le milieu ambiant a une température supérieure à celle de la peau. Les échanges thermiques par convection, peuvent dans ces conditions être négatifs. Ce peut être le cas en climat tropical.

La déperdition par radiation ou rayonnement, repose sur le fait que, la surface corporelle émet un rayonnement qui au contact d'un obstacle, produit de la chaleur. Elle peut être diminuée, ou même supprimée, par un isolement convenable ( vêtement ) .

Selon l'emplacement du sujet, les mouvements de chaleur dus au rayonnement, peuvent avoir des effets positifs ou négatifs. En climat tropical, le rayonnement solaire dépasse celui corporel et il en résulte un échauffement de la peau.

La plus importante modalité de déperdition thermique est l'évaporation d'eau. Elle est responsable de la quasi-totalité du refroidissement de l'organisme en climat tropical. La peau de l'homme contient des glandes sudoripares qui sécrètent la sueur. Celle-ci au contact de l'air ambiant ( qui n'est généralement pas saturé en vapeur d'eau ) s'évapore. L'évaporation de l'eau, est un mécanisme très efficace, de déperdition calorifique. Il est même le seul, dont l'efficacité est conservée, lorsque la température du milieu ambiant est supérieure à celle des surfaces d'évaporation.

Malheureusement, si la sueur constitue l'élément décisif de la défense de l'organisme contre les risques d'augmentation trop élevée de la température, l'efficacité de ce mécanisme se fait au dépens de nos réserves d'eau intra et extracellulaires.

" Le débit de sudation augmente proportionnellement avec l'intensité de l'effort. En moyenne l'athlète perd un litre d'eau par heure d'entraînement et, 1,6 à 2,4 litres par heure de compétition. On a même décrit des pertes s'élevant à 12 litres par heure chez les soldats en exercice, à 4 litres par match pour les footballeurs professionnels.

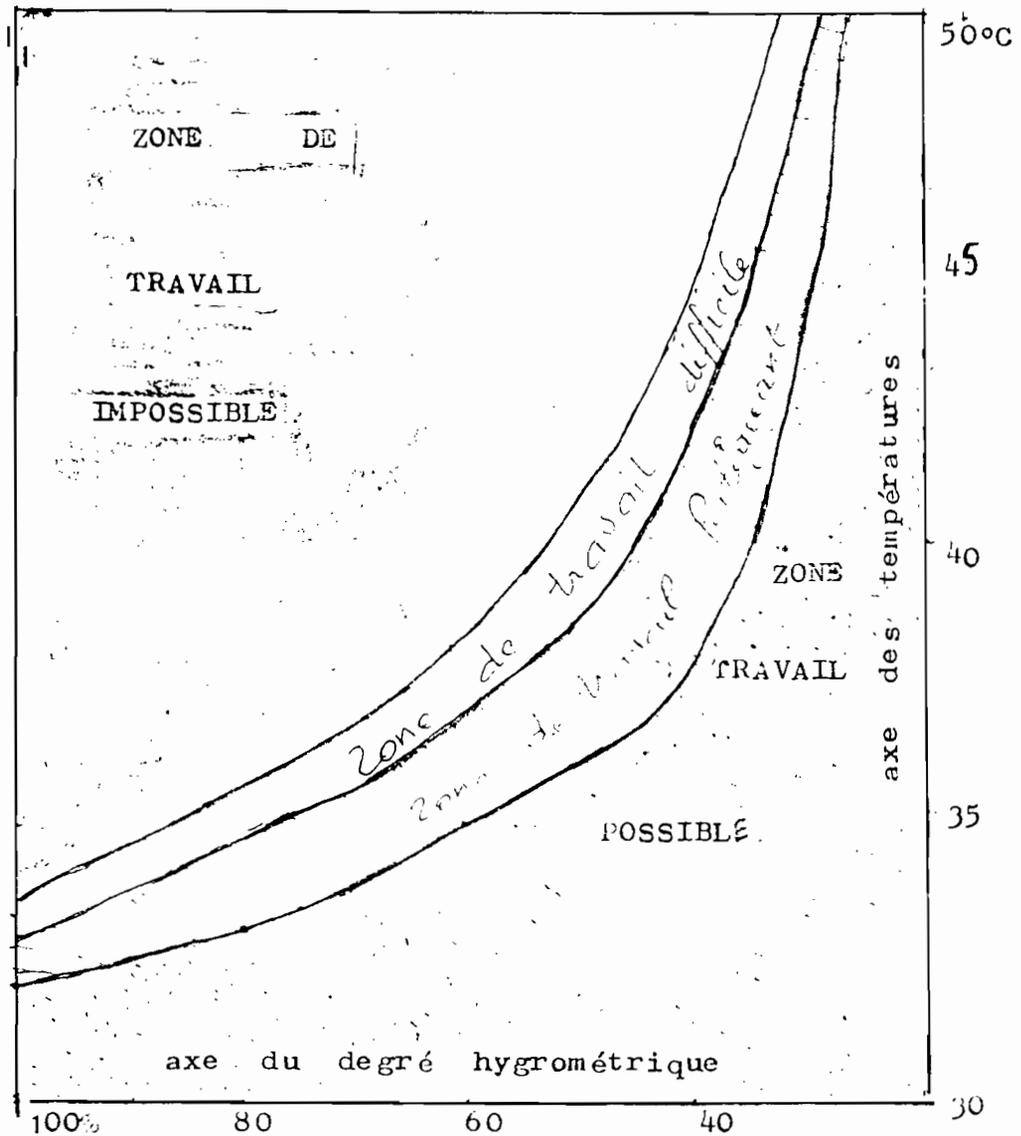
Or des travaux scientifiques sérieux ont montré que plus on perdait de l'eau, plus la capacité physique diminuait; une perte de liquide de 2% par rapport au poids du corps ( environ 1 litre à 1,5 litre pour un sujet de 70kg ) réduit la capacité physique d'environ 20%." ( 15 )

Cependant il faut que l'humidité relative soit basse pour que l'eau puisse s'évaporer pour libérer des calories; ainsi dans une ambiance chaude et humide, la sueur ruisselle sans s'évaporer, et la perte calorifique est insignifiante. Ceci explique pourquoi la chaleur est plus difficile à supporter, et le travail physique plus

---

( 15 ) in revue science et vie hors série Juin 84 " le SPORT au QUOTIDIEN " P. 116 article du Dr. J.P. MONDENARD extrait de Médecine et nutrition 1984 TXX

difficile à effectuer en climat équatorial saturé d'eau qu'en climat tropical et sahélien où, bien que la température soit plus élevée, l'évaporation active de la sueur, en ambiance sèche et ventilée, permet une thermolyse plus aisée. Le degré hygrométrique de l'air, par l'influence qu'il exerce sur les processus de sudation et de thermolyse par évaporation est le facteur le plus important de l'environnement.



Ce diagramme de LAPEYSONNIE ( 10 ) indique les limites de température et d'humidité relative qui constituent ensemble, des ambiances équivalentes, au delà desquelles le travail physique devient de plus en plus difficile puis impossible.

## 22 - lutte contre la chaleur .

Deux moyens de lutte contre la chaleur devraient en principe assurer à un homéotherme, la constance de sa température en milieu chaud: diminuer sa thermogénèse et augmenter sa déperdition calorifique.

La première possibilité ne peut pas être retenue, car, lorsque la température s'élève au-dessus de la zone de neutralité thermique, la dépense énergétique ne diminue pas; au contraire, elle augmente et cela en raison du coût de la mise en jeu des mécanismes de thermorégulation à la chaleur.

Par conséquent, c'est par l'augmentation de la déperdition calorifique par les processus de thermolyse suscités, que peut être réalisée la régulation thermique de l'homme en climat tropical. Mais parmi ceux-ci, c'est l'évaporation de l'eau par le mécanisme de la sudation qui est le plus efficace, et le plus sollicité. L'organisme réagit par une vasodilatation cutanée qui aura pour effet :

- d'augmenter la température cutanée
- d'intensifier l'hydratation de l'enveloppe, ce qui favorisera la sécrétion sudorale.

A l'apparition de la transpiration, la fréquence cardiaque et le rythme respiratoire s'accroissent. Si l'exposition à la chaleur se prolonge, " l'organisme choisit de cesser de perdre de l'eau pour éviter la déshydratation et la syncope, mais en contre partie il ne peut plus se refroidir et l'hyperthermie ou coup de chaleur le guette " . ( 15 )

## 23 - Acclimatation à la chaleur

Lorsqu'un individu est longtemps exposé à une ambiance chaude, son organisme réagit pour s'adapter à celle-ci, et augmenter sa tolérance à la chaleur. Ce qui se traduit par une augmentation de la capacité de sudation et une baisse des températures cutanées et corporelles.

La sudation importante qui se produit, permet une déperdition calorifique par évaporation, et une réduction de l'élévation de la température cutanée, ce qui entraîne un meilleur refroidissement de la peau.

Il est donc possible pour l'organisme, de diminuer l'augmentation du débit sanguin cutané en climat chaud.

De toute façon, l'acclimatation devient manifeste lorsque la transpiration commence à apparaître plus tôt et en quantité abondante. Cette acclimatation est progressive, et se fait par retour à la normale du nouveau régime de répartition du sang entre les différents territoires - ASTRAND et RODHAL ( I ) ont pu, expérimentalement obtenir une acclimatation satisfaisante sur des sujets qu'ils ont fait marcher pendant 100mn par jour sur un tapis roulant à une chaleur sèche de 48,9°C. Ils ont remarqué que ce résultat était meilleur, si le sujet ne fournissait l'effort que pendant 50mn ou pendant deux périodes de 50mn par jour. Ils ont en plus noté qu'il faut au moins sept jours d'exposition à la chaleur ambiante pour que la plupart des modifications se produisent, et quatorze jours au maximum pour une acclimatation complète.

#### 24 - Modifications à l'effort en climat tropical

La possibilité pour l'homme de vivre et de travailler en climat tropical dépend essentiellement de sa capacité de réaction à la chaleur, par le mécanisme de la sudation. Le travail musculaire dans cette atmosphère, entraîne très vite l'épuisement. Ceci est dû au fait que, le sang doit non seulement, assurer le transport de l'oxygène des poumons aux muscles en activités, mais aussi; l'évacuation des calories des organes centraux à la périphérie. Ce qui fait que le coeur est contraint d'exercer sa fonction de pompe avec plus de vigueur.

L'entraînement ne peut pas remplacer l'acclimatation, mais permet une meilleure adaptation à la chaleur. Donc tout sujet devant s'éjourner en zone tropicale, doit se soumettre à une activité physique pendant toute sa période d'acclimatation.

Seulement, il faut noter que la précocité d'apparition de la sudation et son intensité, de même que la température rectale et la fréquence cardiaque, ( plus basse chez le sportif que chez le sédentaire. ) semblent mieux renseigner sur la tolérance à la contrainte thermique .

### III - Quelques méthodes d'évaluation de l'aptitude physique reposant sur la fréquence cardiaque.

Nous disposons en ce qui concerne l'aptitude physique de beaucoup de paramètres qui peuvent nous permettre de quantifier l'entraînement et de décider de l'aptitude à la pratique sportive.

#### 3I - L'aptitude physique proprement dite

Elle se définit comme étant, " la capacité à accomplir un travail musculaire de façon satisfaisante dans des conditions anaérobies ou aérobies.

Elle peut être exprimée objectivement par :

- la durée et le niveau de charge maximum qu'un sujet peut supporter.
- La vitesse de récupération du système cardio-respiratoire.
- Le degré de fatigue ressentie " ( 14 )

L'individu ne pourra donc réaliser des performances jugées de bon niveau lors d'un acte sportif, que lorsque ses capacités physique personnelles couvrent les exigences d'un tel acte.

Dans une mise au point extraite du bulletin de l'Association Sport Biologie le Dr JEAN BEAURY ( 2 ) définit l'aptitude physique comme reposant sur deux groupes de facteurs fondamentaux qui sont : " l'aptitude énergétique et l'aptitude biomécanique ."

#### - L'aptitude énergétique .

Elle peut être approchée par l'évaluation de la consommation maximale d'oxygène (  $\dot{V}O_2$  Max. ). Cette notion est actuellement universellement admise par tous les spécialistes de l'exercice physique. Elle indique les capacités maximums entre le territoire de réserves ou d'échanges et le muscle.

#### - L'aptitude biomécanique .

L'aptitude biomécanique d'un athlète peut être évaluée à partir de tests sur cycloergomètre, c'est le but du présent travail. Ces tests conduisent à la détermination de paramètres tels que, la

puissance dynamique, la fréquence cardiaque en fonction de l'effort.

Seulement, il serait insuffisant de camper l'étude de l'aptitude physique, aux seules valeurs énergétiques et biomécaniques. Le système cardio-pulmonaire qui est toujours sollicité, et même quelque fois éprouvé, est aussi un facteur très important d'évaluation de la capacité physique de l'individu.

### 32 - La consommation d'oxygène à l'effort ( $\dot{V}O_2$ )

#### a - définition de la $\dot{V}O_2$

Elle exprime " la différence entre la quantité d'oxygène inspirée et celle expirée " ( 7 ). Elle a une valeur globale d'environ 250ml, le muscle au repos n'en consommant que 0,30 à 0,40ml pour 100g de muscle.

#### b - Evolution de la $\dot{V}O_2$ à l'effort :

Comme nous l'avons annoncé dans les pages précédentes, les besoins en oxygène de l'organisme, sont augmentés au cours de l'effort. Cette augmentation peut atteindre 20 fois la valeur de repos, car les muscles qui représentent 40% du poids du corps multiplient par au moins 50 leurs besoins initiaux.

Pour un exercice modéré, la  $\dot{V}O_2$  augmente progressivement, jusqu'à un plateau qu'elle ne dépasse pas pendant toute la durée de l'exercice. Ce délai appelé " steady state " correspond à l'état d'équilibre des fonctions de l'organisme telles que la respiration et le cœur.

Par ailleurs, lorsque l'intensité de l'exercice augmente, le système de transport de l'oxygène fonctionne à fond. La  $\dot{V}O_2$  augmente ainsi linéairement pour atteindre une limite maximale appelée " consommation maximale d'oxygène " (  $\dot{V}O_2 \text{ Max}$  ) ou puissance aérobies.

Retenons que la  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  ne dit pas tout sur l'aptitude, car elle ne permet pas de juger de la disponibilité de l'organisme en réserve d'énergie ou de certains facteurs biomécaniques.

C'est pourquoi, elle est quelque fois exprimée en valeur relative en ml / kg / min. Ce qui indique le mieux les " capacités de performances " des sujets, car sinon, un homme d'une grande masse musculaire aurait une absorption d'oxygène très importante.

La  $\dot{V}O_2$  Max. exprime cependant la capacité aérobie de l'individu. C'est à dire la capacité de transport de l'oxygène par le système cardio-vasculaire et la capacité d'utilisation de l'oxygène par muscles impliqués dans un type d'exercice.

### c - Facteurs influençants la $\dot{V}O_2$

Des facteurs tels que l'âge, le sexe, la race et le mode de vie peuvent la modifier. L'entraînement permet une augmentation de 10 à 20% de la valeur de la  $\dot{V}O_2$  Max. Sa mesure annuelle " permet de déceler une petite variation de plus ou moins 50%. Celle-ci comparée aux normes, va situer immédiatement le niveau de l'adaptation cardiaque d'un sujet et ses possibilités à fournir un travail intense et prolongé" ( 12 )

### 33 - Tests d'évaluation de l'aptitude physique

L'évaluation de l'aptitude physique a de tout temps intéressé l'être humain. Les médecins du sport se sont particulièrement distingués dans ce domaine et ont mis du point des épreuves fonctionnelles qui permettent, de juger des possibilités cardiaques de l'individu, de prononcer l'aptitude des sujets et de surveiller l'entraînement des athlètes.

Quelque que soit le but recherché ( aptitude à un effort ou à un travail donné ), ces tests ont pour critères l'un des facteurs suivants.

- La détermination de la capacité aérobie à l'effort.
- Les conséquences cardio-vasculaires comme facteurs limitants l'effort.

Nous allons en examiner les plus couramment utilisés.

#### a - épreuves ayant pour critères la détermination de la capacité aérobie ( $\dot{V}O_2$ Max directe ou indirecte )

Elles ont été utilisées par ASTRAND, pour la première fois. Elles se pratiquent sur tapis roulant ou sur cycloergomètre dont le niveau d'intensité de chaque palier d'effort est fonction de l'âge des sujets testés.

#### b - épreuves ayant pour critères la récupération cardiaque à l'effort .

Elles sont très nombreuses et sont répertoriées de la manière suivante :

- épreuves basées sur la course sur place ( LIAN 1916 ). Elle tient compte de l'accroissement de la fréquence cardiaque en fin d'exercice, et du temps nécessaire pour que celle-ci retrouve sa valeur de repos.

- épreuves basées sur la montée et la descente alternées d'un obstacle. On trouve ici l'épreuve de Schneider ( 1922 ), de Master (1929) et le " step test " de harward ( Brouha 1943 ).

- épreuves basées sur les flexions de jambes. Ce sont les tests de Martinet ( 1916 ) de Ruffier.

Le test de Ruffier semble être, parmi tous les autres, le plus simple et le plus couramment utilisé.

Principe du test de RUFFIER .

Le test mesure les valeurs de la fréquence cardiaque aux 3 temps suivants :

Po = fréquence cardiaque de repos

P1 = fréquence cardiaque à l'arrêt de l'exercice.

P2 = fréquence cardiaque au bout d'une minute de repos.

L'exercice consiste à effectuer 30 flexions sur les jambes en 45 secondes. Le calcul de l'indice de Ruffier ( I R ) se fait selon la formule .

$$IR = \frac{( P_o + P_1 + P_2 ) - 200}{10}$$

A partir du résultat trouvé, le classement des sujets s'effectue comme suit :

Classification	Valeurs de I. R.
athlétique.....	0
fort.....	0 à 5
bon.....	5 à 10
moyen.....	10 - 15
faible.....	15 - 20

Conclusion :

Les modifications cardiaques à l'effort que nous venons d'exposer font ressortir deux éléments essentiels :

- la fréquence cardiaque maximale évolue à l'effort en fonction de l'intensité de l'effort, mais aussi en fonction de la température ambiante.

- la fréquence cardiaque maximale diminue avec l'âge selon la relation d'ASTRAND :  $220 - \text{âge} ( I )$

En tenant compte de ces faits mais aussi et surtout, de l'ambiance thermique élevée dans laquelle baigne les individus dans nos pays, nous nous sommes posés les questions à savoir :

- quelles sont les valeurs réelles que la fréquence cardiaque maximale pourrait atteindre pour des sédentaires et des sportifs sénégalais mis à l'épreuve.

- y'a t'il une différence entre la fréquence cardiaque maximale mesurée et la fréquence cardiaque théorique définie par ASTRAND selon la relation  $220 - \text{âge}$ .

- la chaleur est il un frein à l'atteinte de performance.

En vue de définir des valeurs possibles, nous avons étudié le comportement à l'effort de 52 sujets ( sédentaires et sportifs ) sur bicyclette ergométrique. Nous allons dans le chapitre suivant décrire ces sujets et le matériel utilisé.

## CHAPITRE II

## Matériel et Méthode

Nous allons tour à tour décrire l'ensemble des deux catégories de sujets sur lesquelles l'expérience a porté, le matériel qui a permis le déroulement normal de celle-ci et toutes les précautions nécessaires que nous avons prises pour la réalisation de nos objectifs.

### 2I - Description de l'échantillon

#### a - Le groupe des sédentaires

Ils est constitué uniquement d'étudiants de l'université de Dakar. Mis à part le niveau quotidien d'activités physiques, ces étudiants de sexe masculin, au nombre de 30 n'ont aucune pratique physique depuis au moins six mois.

#### b - Le groupe des sportifs

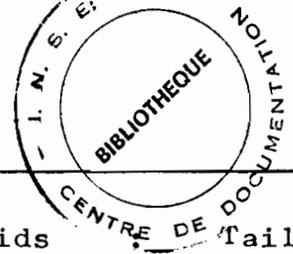
Ils est essentiellement constitué des cyclistes et de handballeurs.

#### Les cyclistes

Ils vivent tous dans la région de Dakar et appartiennent aux clubs de la Jeanne d'Arc et de l'U.S. Gorée essentiellement. Ils s'entraînent dans leur totalité depuis six ( 6 ) sept ( 7 ) mois. Ils ont un âge moyen de 23ans, un poids moyen de 62kg et une taille moyenne de 173cm .

#### Les handballeurs

Ils jouent dans leur totalité en première division du championnat du Sénégal. Ils s'entraînent tous les jours de la semaine à raison de deux heures par jour et ont repris leur entraînement depuis au moins quatre mois. Ils sont au nombre de 32 avec une moyenne d'âge de poids et de taille respectivement de 21ans, 65kg, 180cm.



Sujets	effectif	âge ( ans )	Poids ( kg )	Taille ( cm )
sédentaires	30	24.9	61.33	176.83
(18 - 30ans)		± 3.27	± 9.16	± 6.2
sportifs	52	22.19	64.39	177.09
(16 - 30ans)		± 3.66	± 8.12	± 8.65

Tableau I : caractéristiques biométriques de l'ensemble des sujets.

c - Critères de sélection

Elles sont très importantes à préciser, mais très difficile à quantifier. C'est ainsi que pour éliminer tout facteur qui puisse altérer la recherche. Nous avons demandé à nos sujets :

- de s'abstenir de tout exercice important le jour du test et de ne pas prendre le repas 3 heures avant celui-ci.
- de ne pas fumer la demi heure précédant le test.

22 - Le matériel

Nous avons utilisé pour tester nos sujets le matériel suivant:

a - La bicyclette ergométrique ( type Monarck )

C'est une bicyclette dont le pédalier est relié par un pignon et une chaîne à un volant d'inertie sur lequel s'applique une sangle de tension réglable, ( frein de Döbeln ) reliée à un contrepoids.

La connaissance précise des caractéristique mécaniques de ce système et de la vitesse de rotation de la roue ( ou de la fréquence de pédalage ) permet l'étalonnage direct en puissance le déplacement du contrepoids.

Son utilisation nécessite une très grande surveillance de la puissance développée, car la charge affichée peut légèrement dériver. Elle doit donc être réajuster à la tension de la sangle.

b - Le rythmostat

C'est un appareil électronique permettant le contrôle du rythme cardiaque. Il fonctionne sur pile et permet la lecture du nombre de battements cardiaques à n'importe quel moment par affichage direct - il comporte :

- un boîtier, relié par des fils de connection à 3 électrodes.

- Une sangle de caoutchouc, qui permet son placement autour de la poitrine.

Il est porté pendant l'exercice et n'entrave en rien le déroulement de celui-ci.

c - Le tensiomètre

C'est un tensiomètre à mercure type vasquez. Il nous a permis de mesurer la pression artérielle de repos.

d - Les autres appareils

En dehors de ceux précités, nous avons utilisés un chronomètre qui nous a permis de chiffrer le temps effectif de l'expérience pour chaque sujet. Un métronome réglé à 100 coups minute donne le rythme de pédalage. Une toise et une balance.

23 - Procédés de Recueil des données

Pour éviter toute mauvaise surprise due à la pratique d'un exercice maximal chez nos sujets sédentaires, nous nous avons demandé l'attache d'un médecin pour la surveillance médicale de l'épreuve.

a - Précautions

Nous avons testé nos sujets dans le courant du mois de mars, le soir entre 15 et 18 heures, trois ( 3 ) à quatre ( 4 ) sujets ont pu être testés chaque jour dans le laboratoire, entièrement ouvert à l'air libre, sous une température de 30 à 35 degrés. Le degré d'hygrométrie de 70% permettait une sudation évaporation correcte.

A leur arrivée, les sujets sont pesés et mesurés et leur identité relevée sur une fiche test. L'épreuve débute par un repos de dix ( 10 ) minutes, au cours desquelles les sujets sont étendus, la fréquence cardiaque de repos et la tension artérielle sont mesurées.

#### b - Méthodologie

La sangle de caoutchouc en position périthoracique sous mame-lonnaire, la hauteur de la selle réglée en fonction de la taille, le sujet se concentre sur le rythme du métronome. Il pédale en échauffement pendant trois ( 3 ) minutes, au bout desquelles la puissance est augmentée de 50 watts, toutes les quatre minutes.

La fréquence cardiaque et la tension artérielle sont prises à la fin de chaque palier. Le sujet pédale ainsi par palier, jusqu'à l'épuisement, avec un sprint final de 5 à 10 ". La fréquence cardiaque et la tension artérielle mesurée à l'arrêt de l'exercice au dernier palier correspond aux valeurs maximales réelles.

#### Calcul de la Puissance

La roue de la bicyclette ergométrique à une circonférence de trois ( 3 ) mètres. Un coup de pédale correspond à deux ( 2 ) tours de roue. En une minute le sujet effectue cinquante ( 50 ) coups de pédale. Une puissance de 50 watts correspondant à une charge de 1Kg on trouve :

$$\text{travail ( w )} = F \times I = 1\text{Kg} \times 50 \times ( 2 \times 3\text{m} ) = 300\text{Kgm}$$

$$\text{Puissance ( P )} = \frac{300\text{Kgm}}{1\text{mn}} = 300\text{Kgm} / \text{mn}$$

$$P = \frac{300\text{Kgm}}{6.12\text{Kgm}} / \text{mn} = 50\text{watts}$$

$$1 \text{ watts} \quad I = 6.12\text{Kgm} / \text{mn}$$

#### 24 - Traitement des données statistiques

Les différentes valeurs étudiées suivant une loi normale de distribution. Ce qui nous permet d'utiliser les caractéristiques de dispersion ( moyenne et écart type ) pour la pondération et le " test - t " pour la comparaison de ces valeurs.

Nous allons dans le chapitre suivant présenter les calculs statistiques et faire leur comparaison.

CHAPITRE III

RESULTATS

3I - PRESENTATIONS DES RESULTATS

Nous allons dresser les tableaux récapitulatifs des valeurs mesurées au repos et à l'effort pour nos deux populations de sédentaires et de sportifs.

a - la fréquence cardiaque de repos.

Les valeurs de la fréquence cardiaque de repos figurent au tableau ( II ). Nous y avons représenté les moyennes et les écarts types pour chaque groupe d'abord ( a ), ensuite pour les deux grands groupes ( b ) de sédentaires et de sportifs.

b - la fréquence cardiaque maximale réelle

On a rapporté les valeurs moyennes et les écarts types de la puissance, de la fréquence cardiaque maximale réelle et théorique au tableau ( III ) .

c - Différence entre fréquence cardiaque maximale et fréquence cardiaque de repos

Nous avons rapportés au tableau ( IV ) la moyenne et l'écart type de la fréquence de repos, de la fréquence cardiaque maximale et de la différence entre les deux.

C'est la différence entre fréquence cardiaque maximale et fréquence cardiaque de repos que nous avons appelé D F C . Elle témoigne du nombre de battements cardiaques dont le coeur peut se donner à l'effort.

	Sédentaires		Sportifs		Signification:
F C	Moyenne	écart	Moyenne	écart	
		type		type	
repos					
(batt/ min )	80,73	$\pm 10,51$	70,75	$\pm 10,40$	PL 0,01

Tableau II a : Comparaison des moyennes de la fréquence cardiaque de repos entre l'ensemble des sédentaires et des sportifs.

La différence observée est significative.

	Sédentaires		Cyclistes		Handballeurs	
	moyennes	écart	moyenne	écart	moyenne	écart
		type		type		type
F C repos	80,73	10,51	70	8,99	71,21	11,30
( batt / mn						

Tableau II b : Valeurs de la fréquence cardiaque de repos des sédentaires, cyclistes et handballeurs.

	Puissance		F C maximale réelle ( bat. / mn		F C théorique ( bat. / mn	
	moyenne	écart type	moyenne	écart type	moyenne	écart type
sédentaires	148,33	+33,43	192,76	+11,47	195,10	+3,27
cyclistes	240	+38,38	191,75	+14,71	196,60	+4,53
handballeurs	159,37	+32,22	189,37	+13,66	198,56	+2,90

Tableau III : Valeurs moyennes et écarts types de la puissance, de la fréquence cardiaque maximale et de la fréquence cardiaque théorique, des sédentaires, cyclistes et handballeurs.

	sédentaires	handballeurs	cyclistes
F C repos	80,73 ± 10,51	71,21 ± 11,30	70 ± 8,99
( bat. / mn			
F C maximale réelle	192,76 ± 1,47	189,37 ± 13,66	191,75 ± 14,71
( bat. / mn			
D F C bat. / mn	112,03 ± 13,08	117,96 ± 14,29	121,75 ± 17,40

Tableau IV / Valeurs moyennes et écarts types de la fréquence cardiaque de repos, de la fréquence cardiaque maximale et de la différence entre fréquence cardiaque maximale et fréquence cardiaque de repos ( D F C ).

## 32 - Comparaison des résultats

Nous avons pu avec le test-t comparer les différentes valeurs mesurées entre les deux disciplines sportives d'une part et les groupes de sédentaires et de sportifs d'autre part.

### a - Résultats des handballeurs et des cyclistes

#### - La fréquence cardiaque de repos

La fréquence cardiaque moyenne de repos des cyclistes ( 70 ) est sensiblement inférieure à celle des handballeurs ( 71,21 ). Le test-t n'indique aucune différence significative.

#### - La fréquence cardiaque maximale réelle.

Elle a connu une augmentation en moyenne plus grande chez les cyclistes ( 191,75 ) que les handballeurs ( 189,37 ). Mais la différence n'est pas significative .

#### - La puissance développée

Elle a une valeur moyenne de 240 watts chez les cyclistes. Elle est supérieure à celle des handballeurs ( 159,37 watts ). La différence est significative  $t(80) = 11,4$   $P < 0,01$ .

### b - Résultats des sédentaires et des sportifs

#### - La fréquence cardiaque de repos

La fréquence cardiaque de repos a une valeur moyenne plus élevée chez les sédentaires ( 80,73 ) que chez les sportifs ( 70,75 ). Cette différence est significative.  $t(80) = 5,22$   $P < 0,01$  .

#### - La fréquence cardiaque maximale réelle .

La valeur de la fréquence cardiaque maximale est de 192,76 chez les sédentaires. Elle est supérieure à celle des sportifs (190,28). La différence entre les deux groupes n'est pas significative.

#### - La puissance développée

La puissance moyenne développée par les sportifs (190,38) de loin supérieure à celle des sédentaires ( 148,33 ) donne une différence significative  $t(80) = 7,3$   $P < 0,01$  .

Nous avons calculé la différence entre la fréquence cardiaque maximale et la fréquence cardiaque de repos (  $\Delta FC$  ). Elle est significativement plus élevée chez les sportifs ( 119,42 ) que chez les sédentaires ( 112,03 ). Entre handballeurs et cyclistes cette différence n'est pas significative, mais les cyclistes ont tout de même une valeur ( 121,75 ) supérieure aux handballeurs ( 117,96 ). Nous allons dans le chapitre IV expliquer ces différences et tirer les conclusions nécessaires.

41 - La fréquence cardiaque de repos .

En ce qui concerne les fréquences cardiaques de repos, on peut constater qu'il y'a une très grande différence entre les trois groupes d'individus. Le groupe des sportifs se présente, avec une moyenne de valeurs ( 70,75 ) nettement inférieure à celles des sédentaires ( 80.73 ). Ce n'est pas là une chose inattendue, car il est connu que le sportif présente une fréquence cardiaque relativement basse, fréquence cardiaque qui, associée à un débit systolique élevé, lui permet de maintenir un débit cardiaque suffisant.

Pris individuellement, les cyclistes ont des valeurs un peu moins basses que les handballeurs, respectivement 70 et 71.21 batt / mn. Cela semble découler du fait que les premiers sont des sportifs pratiquant des épreuves de plus longue durée.

Ces constatations faites, on peut donc affirmer que l'entraînement abaisse la fréquence cardiaque de repos. Celle-ci est encore d'autant plus basse que la discipline sportive demande un effort intense et prolongé. Ce n'est pas là une chose inattendue, car il est connu que la fréquence cardiaque est un facteur mesurant la répercussion du travail musculaire sur l'organisme. En effet, " le sport renforce le tonus vagal cardio-modérateur pour améliorer les conditions de transport de l'oxygène " ( 9 ) .

Cependant des résultats tels que ceux que nous rapporte G. V. Mann peuvent pousser à réflexion. Cet auteur affirme que la " forme physique des M asaï ( nomades des grandes steppes du kenya ) est étonnante. Grâce à un tapis roulant, il fut possible de mesurer leur adaptation cardiovasculaire à l'effort. Ces pasteurs nomades sans entraînement spécial, étaient capables d'effectuer des performances supérieures à celles des coureurs olympiques ... " ( II )

42 - La fréquence cardiaque maximale

Les accélérations cardiaques à l'effort pour l'ensemble de nos sujets, montrent une relative homogénéité des observations. Nous constatons que, ni le type d'entraînement ni la spécialité sportive n'ont influencé les valeurs trouvées.

En somme les deux groupes de sportif, présentent une valeur de fréquence cardiaque maximale inférieure aux sédentaires, respectivement 190.28 contre 192.7. Cette différence n'est pas significative. Il apparaît ensuite que les handballeurs, présentent une valeur maximale (189.37) inférieure aux cyclistes ( 191.75 ). Cela découle peut être nous allons le voir, du fait que les cyclistes présentent au départ une disposition au pédalage.

a - Fréquence cardiaque maximale et puissance développée :

Les puissances développées par les différents groupes de sujets montrent un surplus de 40 watts des sportifs sur les sédentaires. Entre discipline, les cyclistes beaucoup plus aptes au pédalage, ont développé une moyenne de 240 watts, de loin supérieure aux handballeurs 159,37. La fréquence cardiaque évoluant proportionnellement à la puissance de l'exercice, ( fig.1 ) on devait donc s'attendre comme affirmé ci-haut, à une fréquence cardiaque maximale supérieure chez les cyclistes.

b - Fréquence cardiaque maximale et âge .

Nous n'avons pas pu établir à partir de nos mesures, une relation constante entre, la fréquence cardiaque maximale et l'âge. La relation d'ASTRAND ( 220 - âge ) ne s'adapte pas à nos sujets d'étude.

Par ailleurs nous avons comparé les valeurs de fréquences cardiaques maximales réelles, à celles théoriques trouvées selon la formule d'ASTRAND. Les calculs nous donnent les résultats suivants:

Pour les sédentaires

- 53% de la population ont une valeur de fréquence cardiaque maximale supérieure à celle théorique.
- 7% ont ces deux valeurs égales.
- 40% ont une valeur de fréquence maximale inférieure.

Pour les sportifs les valeurs sont respectivement de 36% 2% et 62% .

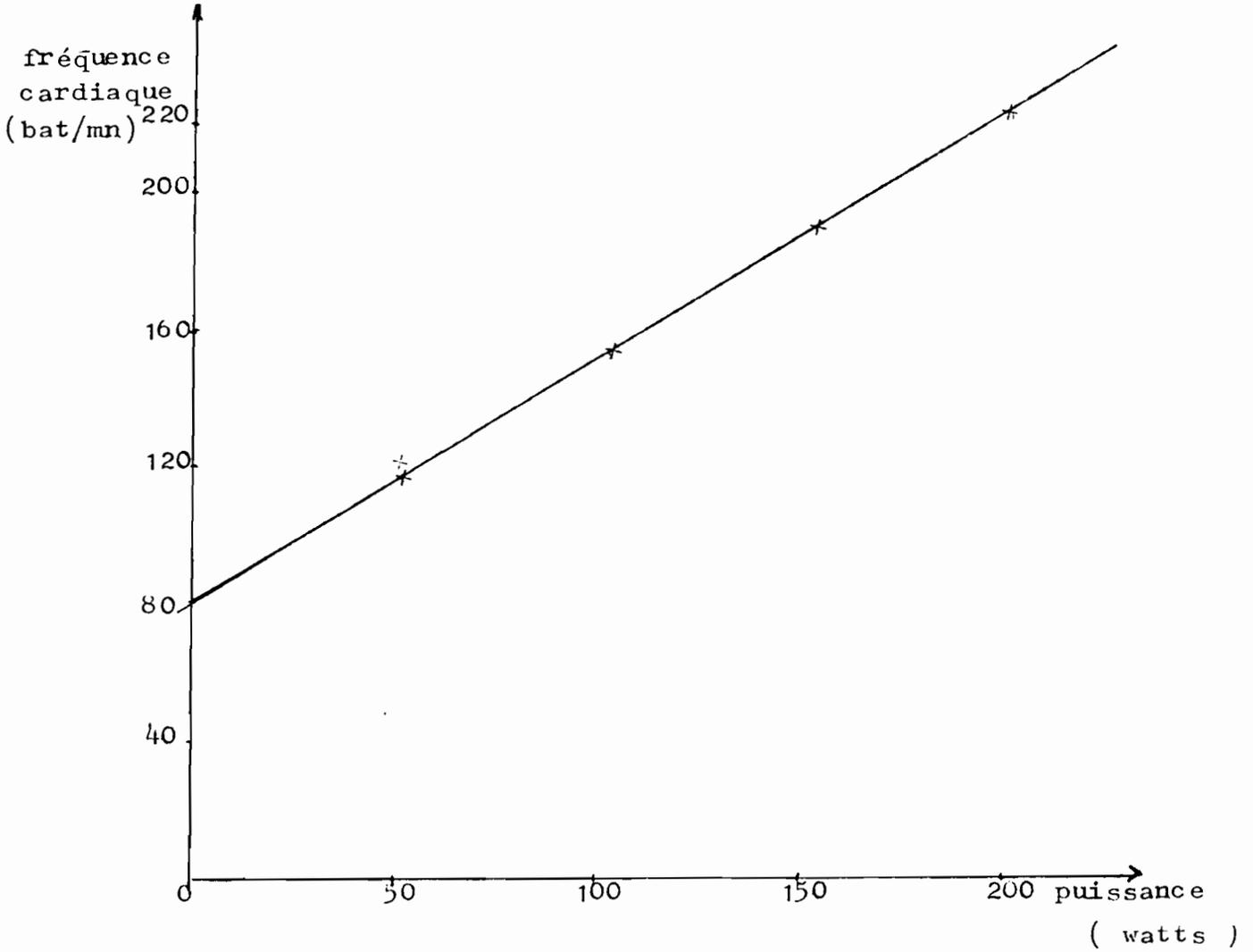


Fig. 1 : Evolution linéaire de la fréquence cardiaque en fonction de la puissance, de 10 sujets sédentaires choisis au hasard, pour qui les fréquences cardiaques ont été notées aux différents paliers de puissance.

De tels résultats suscitent réflexion, quand on sait que dans nos pays, cette formule d'ASTRAND sert toujours de référence. C'est pourquoi, en tenant compte de la race, du climat ou de la température, mais surtout des caractéristiques morphologiques de nos populations, on peut être tenté d'affirmer au regard des valeurs des tableaux que donnent des auteurs ( 6 ) ayant effectué le même exercice sur les européens, que :

- Les différences morphologiques pourraient avoir un rôle négligeable sur cette valeur.

- La température joue un rôle sur les valeurs de la fréquence cardiaque maximale en l'augmentant.

Bien entendu, ce que nous affirmons ici n'est tiré que des aspects cardiovasculaires de l'adaptation à l'exercice musculaire. Il serait intéressant d'étudier les aspects de la thermolyse, les aspects ventilatoires, les aspects métaboliques ... car l'effort agit aussi sur les autres fonctions. ( La température centrale du sportif à l'exercice est plus élevée en climat tropical qu'en climat tempéré ).

Tableaux V

: Sujets :	: F C repos :	: Puissance :	: F C Max. :	: F C Max. :
:	:	:	:	: F C Repos :
: européens :	: 66 :	: 278 :	: 182 :	: 116 :
: ( 6 ) :	:	:	:	:
:	: $\pm$ 16 :	: $\pm$ 46 :	: $\pm$ 10 :	: $\pm$ 23,4 :
:	:	:	:	:

a - Valeurs de la fréquence cardiaque de repos, de la puissance, de la fréquence cardiaque maximale et de la différence entre fréquence cardiaque maximale et de repos mesurées chez des européens (sportifs et sédentaires) de même tranche d'âge que les nôtres et ayant effectué le même exercice qu'eux.

: Sujets :	: F C repos :	: Puissance :	: F C Max. :	: F C Max. :
:	:	:	:	: F C Repos :
: Ensemble :	: 75,79 :	: 169,35 :	: 191,52 :	: 115,72 :
: de nos :	:	:	:	:
: sujets :	: $\pm$ 8,4 :	: $\pm$ 42,92 :	: $\pm$ 12,69 :	: $\pm$ 14,29 :
:	:	:	:	:

b - Valeurs de la fréquence cardiaque de repos, de la puissance, de la fréquence cardiaque maximale et de la différence entre fréquence cardiaque maximale et de repos mesurées chez nos sportifs.

## Résumé et Conclusion Générale

Le climat des pays tropicaux attirent chaque année les touristes qui viennent chercher le soleil et la chaleur, dont ils sont privés dans leurs pays d'origine. Mais ce climat vu sous un autre angle présente des inconvénients certains. L'effort physique effectué sous la chaleur tropicale est particulièrement pénible. Des auteurs s'accordant à vouloir allouer au facteur climat, la responsabilité du sous-développement de ces pays, à n'importe quel point de vue ou l'on se situe.

C'est ainsi qu'en sport, à en juger par les résultats des diverses compétitions internationales auxquelles participent des originaires des zones tropicales et des zones tempérées, il n'est pas rare de constater, que ce sont ces derniers, qui enregistrent le plus de succès. A quoi cela est-il dû ?

Evidemment, il y'a plusieurs facteurs qui entrent en ligne de compte. Indiscutablement, la préparation physique en est le plus important. Mais il faut admettre que le climat tropical peut intervenir ici.

En effet, pour obtenir le même résultat, le sportif des zones chaudes doit se dépenser beaucoup plus que celui en zone tempérée; sa préparation en sera rendue plus difficile. C'est là un des facteurs qui nous ont incités à nous pencher sur l'aptitude cardiovasculaire en climat tropical et plus particulièrement, sur les modifications du rythme cardiaque à l'exercice. C'est pourquoi nous avons tenté de faire un rappel de quelques notions de physiologie de l'effort dans le premier chapitre.

Ensuite, dans le deuxième chapitre, nous avons expliqué la méthode que nous avons utilisée pour recueillir les données.

Enfin dans le troisième chapitre nous avons exposé nos résultats qui proviennent, d'une étude sur bicyclette ergométrique de 52 sujets répartis en deux grands groupes de sédentaires et de sportifs.

Il ressort de nos résultats, que l'étude des modifications du rythme cardiaque à l'effort est un bon indicateur de l'adaptation cardio-vasculaire à l'exercice musculaire. Mais, il demeure néanmoins certain, que ces seules modifications, ne permettent pas d'assurer suffisamment aux muscles, leur demande en comburant nécessaire. C'est pourquoi, il est nécessaire pour tout individu, d'avoir tant

soi peu une pratique quotidienne des activités physiques. La course d'endurance qui consiste, rappelons le, à courir à son rythme, à son souffle, selon les capacités musculaires de son âge, et le long temps possible, sans essoufflement, est le plus conseillé. Elle permet d'accroître la densité du réseau capillaires pulmonaires, par rapport au volume musculaire, et facilite la circulation du sang lors des contractions musculaires.

La pratique des activités physique contribue, selon KARPOVICH, à " retarder l'apparition des troubles de la vieillesse ... " ( 9 ). C'est peut être, ce qui explique la relative jeunesse de corps et d'esprit, souvent signalée chez les vieux sportifs.

Par ailleurs, les recherches n'ont pas réussi à nos jours, sur le plan de l'espérance de vie, à mettre en évidence, un avantage ou un désavantage quelconque de la pratique soutenue d'un sport. F. CLEMENT parcontre, semble bien établir, qu'une " activité prolongée tout au cours de l'existence, peut avoir un effet bénéfique sur le vieillissement de certaines de nos fonctions. Résistance à la fatigue accrue, mémoire supérieure et temps de réaction plus rapide que les nons pratiquants " etc ... ( 4 )

Il serait beaucoup plus intéressant dans une étude ultérieure, de suivre les répercussions cardio-vasculaires de diverses activités musculaires dans leur cadre naturel. Par exemple, suivre la fréquence cardiaque des joueurs de football en plein match. Cette technique nécessite du matériel sophistiqué très couteux ( télémétrie ). Mais il est clair que, ce n'est que dans cette condition, qu'on pourra effectivement juger, de la pertinence des valeurs trouvées.

## B I B L I O G R A P H I E

---



- 1 - ASTRAND P.O. et RODHAL K.  
manuel de physiologie et de l'exercice musculaire  
MASSON 1978.
- 2 - BEAURY JEAN  
in revue sport biologie 1983
- 3 - CHAILLEY - BERT et PLAS F.  
physiologie des activités physiques  
J - B Bailliere et fils Paris 1962
- 4 - CLEMENT F.  
  
L'activité physique ralentit-elle le déclin des capacités intel-  
lectuelles? Etude d'un groupe de vieux cyclistes particulièrement  
actifs physiquement.  
in revue française de gérontologie 1961.
- 5 - FABRE R. MERKLEN et CHAILLEY BERT P.  
biologie appliquée à l'éducation physique et aux sports.  
J - B Bailliére et fils, ( Paris ) 1961
- 6 - GINET J. POTIRON - JOSSEM PARUMIT PORTES M.G.  
Valeurs normales de la pression max. et de la fréquence car-  
diaque du profil tensionnel chez des sportifs enfants adolescents,  
adultes et vétérans.  
Médecine du sport 57, 3, 1983.
- 7 - GUILLET R. GENETY J.  
abregé de Médecine du sport  
Masson et Cie 1975 393
- 8 - HERMAN H.  
physiologie de la circulation du sang  
Camugli, lyon 1952 : 390
- 9 - KARPOVICH P. SINNING W. E.  
physiologie de l'activité musculaire  
Vigot et frère ( Paris ) 1975 520 : 7<sup>e</sup> éd.

- I0 - LAPEYSSONNIE L.  
Eléments d'hygiène et de santé publique sous les tropics  
Gauthier - Villars et Cie, Paris 1961 : I6
- I1 - LAUBRY C. et VAN BOGAERT  
rapport au congrès de chamonix  
Septembre 1981.
- I2 - LESBRE J.P. BERNASCONI P. HARICHAUX P. QUIRET G. DUBOISSET M.  
BENS J. L. et TEXIER I. P.  
les épreuves d'effort en cardiologie ( 3 ) détermination de l'apti-  
tude physique et de la capacité de travail.  
Coeur et Médecine interne 1973.
- I3 - MANN G. V. SHAFER R. D. ANDERSON R. S. et SAND STEAD H. H.  
cardiovascular disease in Masai  
J. Atheroscler Res - 1964 312 : 4
- I4 - ORGANISATION MONDIALE de la SANTE  
rapport technique 1971
- I5 - In revue " SCIENCE et VIE " hors série Juin 84 : P. II6  
" le SPORT au QUOTIDIEN " article du Dr J. P. MONDENARD extrait  
de Médecine et nutrition 1984 T. XX
- I6 - STARLING E. H.  
sur le mécanisme de compensation du coeur  
la presse médicale, Paris 29. 07. 1922 - 60