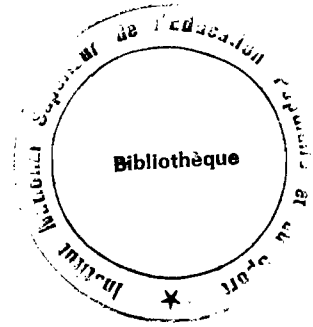


MINISTÈRE
DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS

INSTITUT NATIONAL SUPÉRIEUR
DE L'ÉDUCATION POPULAIRE
ET DES SPORTS

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

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UN PEUPLE — UN BUT — UNE FOI



THEME

**Charge thermique externe
et
Fréquence cardiaque maximale**

par

Kao DIABY

né le 03 Janvier 1962

MEMOIRE DE MAITRISE

E. S. - S. T. A. P. S.

DIRECTEUR DE MEMOIRE

Docteur Fallou CISSE

Médecin de l'I. N. S. E. P. S.

D E D I C A C E

=====

Je dédie ce Mémoire

A mon père Kandé DIABY

A ma mère Assa KOITE

A mes frères Mamadou et CHEIKHNA DIABY

A ma soeur Sokhna DIABY

A mes oncles Hammady KOITA et Bathia KOITA

A mes cousins Thierno TANDIA et Kandioura TANDIA

A mon beau-frère Hodié DIABY

A mes amis Amadou KAH, Abdoul Aziz Mbaye SAGNA, Paul NDONG
et Demba NDIATH.

A tous mes camarades de promotion.

A tous les membres du personnel de l'I.N.S.E.P.S.

R E M E R C I E M E N T S

=====

Nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce document, en particulier :

- Docteur Fallou CISSE, pour avoir accepté de diriger ce travail malgré ses multiples préoccupations.
- Monsieur et Madame Jean Paul MARTINEAUD pour leur générosité et leur assistance lors de l'expérimentation
- Mesdemoiselles Ndeye Marie DIENE et Ndeye Fatou GUEYE pour leur générosité et la qualité du document.
- Messieurs Cheikhna SOW et Abou Backry DIABY pour leur assistance matérielle et affective.

S O M M A I R E

=====

	Pages
INTRODUCTION	6
CHAPITRE I .- TESTS MEDICAUX D'APTITUDE PHYSIQUE REPOSANT SUR LA FREQUENCE CARDIAQUE -----	14
1.1.- Epreuves d'"effort" cardiovasculaire dépistant les contre-indications à la pratique sportive---	15
1.1.1.- Le test de RUFFIER -----	15
1.1.2.- Le test de MARTINET -----	17
1.1.3.- Le test de FLACK -----	18
1.2.- Epreuve d'"effort" cardiovasculaire déterminant la capacité aérobie ($\dot{V}O_2$ max) -----	19
CHAPITRE II.- MATERIEL ET METHODE -----	22
2.1.- Critères de sélection des sujets -----	23
2.1.1.- Adaptation naturelle -----	23
2.1.2.- Sports pratiqués à l'Institut -----	23
2.1.3.- Alimentation et Hygiène de vie -----	24
2.1.4.- Niveau d'entraînement -----	24
2.2.- Matériel technique -----	25
2.2.1.- Bicyclette ergométrique -----	25
2.2.2.- Cardio-fréquencemètre -----	25
2.2.3.- Autres appareils dont nous nous sommes servis -----	26
2.3.- Protocole expérimental -----	26
2.3.1.- Précautions -----	26
2.3.2.- Méthodologie -----	26
2.3.3.- Calculs statistiques -----	27

CHAPITRE III.- RESULTATS 29

3.1.- Présentation et comparaison des valeurs moyennes ----- 30

3.1.1.- Les valeurs de repos ----- 30

3.1.1.1.- Fréquence cardiaque ---- 30

3.1.1.2.- Pression artérielle ---- 30

3.1.2.- Les valeurs à l'exercice musculaire ----- 30

3.1.2.1.- Fréquence cardiaque aux différents paliers ---- 30

3.1.3.- Valeurs maximales ----- 31

3.2.- Les augmentations de la fréquence cardiaque 31

3.3.- Relation entre la fréquence cardiaque et la puissance développée ----- 31

CHAPITRE IV.- COMMENTAIRE ET DISCUSSION DES RESULTATS40

4.1.- Valeurs de repos de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle en fonction de la température ----- 41

4.1.1.- Fréquence cardiaque de repos ----- 41

4.1.2.- Pression artérielle de repos ----- 42

4.2.- Valeurs de la fréquence cardiaque au cours de l'exercice musculaire en fonction de la température ambiante ----- 42

4.2.1.- Evolution de la fréquence cardiaque en fonction des paliers de l'exercice musculaire ----- 42

4.2.2.- Fréquence cardiaque maximale ----- 45

CONCLUSION 45

BIBLIOGRAPHIE 48

- I N T R O D U C T I O N -
=====

Partout dans le monde, le niveau de la pratique sportive s'est nettement amélioré. Ceci a été possible grâce aux nouvelles méthodes d'entraînement basées sur des données scientifiques et à la collaboration des entraîneurs et des médecins qui travaillent ensemble pour l'établissement de programmes d'entraînement et pour un meilleur suivi des sportifs.

Le sport a pris la dimension d'un fait social. Il fait partie intégrante des habitudes de vie. L'importance du nombre de pratiquants a nécessité des formes d'organisation plus structurées.

Par exemple au Sénégal, et dans plusieurs pays qui accordent la priorité à la pratique sportive de masse, les autorités ont entrepris des structures de décentralisation : (Navétanes, Union des Associations sportives scolaires et universitaires (UASSU), Ecoles de sport). Des organismes privés ou d'utilité publique peuvent se voir confier des charges de gestion, d'organisation, d'animation et de promotion d'une ou de plusieurs disciplines sportives. L'autorité publique compétente se réserve toute fois le droit d'intervenir à tous les niveaux et de participer à la gestion du sport en collaboration avec les organismes concernés.

On peut distinguer trois formes de pratique sportive :

- la pratique sportive éducative qui est un facteur plus particulièrement d'éducation, d'hygiène et de santé. Elle s'adresse aux enfants afin de leur permettre de développer rationnellement leur corps par des exercices appropriés.

- le sport récréatif ou de masse qui est un facteur d'animation, de détente et de loisir. Il est pratiqué aussi bien par les enfants que les adultes et les gens du troisième âge. C'est une activité physique qui entretient le corps et assure le bon fonctionnement des organes.

- le sport de haute compétition qui est un facteur de formation et d'émulation. Il est caractérisé par la recherche de la performance, la réalisation d'un record et la mise en confrontation. Le Larousse le dé-

finit "comme l'ensemble des exercices physiques se présentant sous forme de jeux individuels ou collectifs, donnant généralement lieu à des compétitions pratiquées en observant certaines règles précises". Le développement de ce type de sport nécessite beaucoup de moyens financiers et humains pour créer des installations sportives et assurer leur entretien, acheter des équipements sportifs et former des cadres mais aussi les recycler avec l'évolution des connaissances dans le domaine du sport. Ceci constitue une grande charge pour les pays du Tiers-monde.

Ainsi, des entreprises privées commerciales financent des opérations sportives pour un but essentiellement publicitaire. Dans certains pays occidentaux où les joueurs sont des professionnels, le sport constitue une source de bien être social et diminue la fraction des chômeurs.

Le sport permet aujourd'hui de rapprocher les peuples de pays ou de continents différents et de renforcer la coopération entre les états. Les compétitions organisées chaque année au Sénégal et en Gambie à l'occasion de la fête de la Confédération de la Sénégalie offrent un bon exemple.

Bien que différentes du point de vue des objectifs, toutes ces formes de pratique sportive ont une influence sur le développement mental et physique de l'individu. Cette influence est mise en évidence dans plusieurs domaines :

- En psychologie, on montre le rôle bénéfique de l'activité physique sur le développement de la personnalité de l'enfant. Elle développe sa volonté par l'accoutumance à la fatigue et à la résistance à la douleur. Elle cultive chez l'enfant le sens de l'ordre et de la responsabilité et permet à celui-ci de se repérer dans l'espace et dans le temps, de se sentir maître de son corps. (11)

- En médecine, le rôle thérapeutique du sport n'est plus à démontrer. Most (11) disait que "toute activité physique et sportive présente sur le plan

thérapeutique un atout dans le cadre d'affections à support essentiellement organique". Dans la stratégie de lutte contre les maladies, l'éducation physique tient une place non négligeable. Elle abaisse les chiffres de la pression artérielle et permet la réinsertion sociale des cardiaques. Elle améliore le diabète par une meilleure utilisation du glucose sanguin par des cellules musculaires et adipeuses.

La pratique sportive soutenue et répétée, comme nous venons de le constater, a donc des effets favorables sur l'organisme. Mais, celle-ci doit être autorisée et contrôlée. La pratique d'activités physiques chez un sujet inapte peut être à l'origine d'accidents graves pouvant compromettre la vie même de l'individu. Le contrôle médical permet :

- de dépister toutes affections contre-indiquant la pratique du sport,
- d'indiquer selon les besoins et les constatations, l'orientation dans une autre discipline donnée,
- de conclure sur la "disponibilité sportive" en classant le candidat dans un groupe adéquat.

Ainsi de nombreux tests d'aptitude à l'exercice physique ont été établis. Cependant, la plupart d'entre eux ont été institués en Europe et en Amérique du Nord sur des sportifs évoluant dans un environnement différent de celui des africains.

De plus, l'alimentation des sportifs africains, leur niveau d'entraînement, leur morphologie et leur structure génétique ne sont pas superposables à ceux des Européens. Dès lors, devons-nous nous fier totalement à ces résultats là ?

Le climat tropical est caractérisé par des températures ambiantes très élevées. Au Sénégal par exemple, on enregistre des températures allant jusqu'à 30°C dans les zones côtières et 46°C à l'intérieur du pays. Les températures ambiantes basses sont enregistrées au mois de février et descendent rarement en dessous de 15°C dans les stations côtières et 21°C à l'intérieur du pays.

Sur le plan de l'alimentation, le régime alimentaire des sportifs sénégalais se compose d'une façon générale d'un petit déjeuner continental le matin (café au lait), du riz au poisson à midi, de la viande ou du poisson grillé le soir ou du cous-cous mêlé à du lait caillé. Quoique différent du régime alimentaire des sportifs européens, la valeur énergétique de la ration globale quotidienne des sportifs sénégalais a un niveau calorique suffisant.

Sur le plan de l'entraînement, les sportifs européens dont la plupart sont des professionnels, s'entraînent plusieurs fois dans la journée. Alors que les joueurs sénégalais, en dehors de ceux qui évoluent dans les équipes militaires, paramilitaires et d'entreprises ne disposent que d'un après-midi pour s'entraîner. Le niveau de la pratique se trouve donc plus élevé en Europe qu'au Sénégal.

Des différences peuvent aussi être constatées sur les valeurs anthropométriques. Par exemple, l'indice skelique qui représente le rapport de la taille et des segments corporels est plus élevé chez l'africain et l'indice Davenport qui indique la relation entre le poids et la taille est plus élevé chez l'européen (3).

Au point de vue génétique, on peut noter des différences entre l'africain et l'européen. Les enfants africains, de la naissance à deux ans, croient plus vite que les enfants européens. C'est à partir de trois ans que l'inverse se produit. Par ailleurs la drépanocytose ou ~~sick-1émie~~ n'est-elle pas liée à la race noire? Elle entraîne une anémie par une malformation des globules rouges et diminue ainsi la capacité de transport de l'oxygène des poumons aux tissus. 20% environ des africains sont porteurs de traits drépanocytaires.

Prenant en considération toutes ces différences, il est évident que les résultats trouvés en Europe ne soient pas applicables directement au contexte africain. Alors, nous avons jugé utile d'étudier les effets de l'élévation de la température ambiante sur la fréquence cardiaque au repos et au cours de l'exercice musculaire.

Nous avons choisi la fréquence cardiaque pour plusieurs raisons :

- la prise de la fréquence cardiaque est relativement facile et ne nécessite pas de matériel important. On peut la déterminer au repos et pendant l'exercice musculaire par palpation ou par auscultation cardiaque. Elle peut se déterminer également à partir d'un électrocardiogramme. Ces moyens sont à la portée de l'ensemble des entraîneurs et des chercheurs.
- la fréquence cardiaque représente l'une des grandeurs de l'organisme les plus sensibles et les circonstances qui la modifient sont nombreuses.

Au repos, la fréquence cardiaque est influencée par la posture. Elle est plus lente lorsque le sujet est couché, un peu plus rapide lorsqu'il est assis et encore plus rapide lorsqu'il est debout (10).

La digestion accélère le rythme cardiaque pendant au moins deux heures après ingestion de nourriture. Les différents moments de la journée n'ont aucun effet sur la fréquence cardiaque (10).

L'émotion affecte la fréquence cardiaque beaucoup plus que les changements de posture. En effet, elle entraîne la sécrétion d'adrénaline qui augmente le rythme cardiaque aussi.

Le rythme cardiaque est influencé d'une manière notable par la température ambiante. Pendant un exercice musculaire, l'augmentation de la fréquence cardiaque est sûrement le fait de la puissance développée. Cependant, le maintien d'une valeur de fréquence cardiaque pendant le retour au calme est aussi sûrement le fait de l'élévation de la température centrale.

L'activité physique est un important facteur d'accélération de la fréquence cardiaque. HERMANN et CIER (8) ont constaté que l'accroissement du rythme cardiaque au début de l'exercice musculaire est assez brutal et son augmentation est fonction de l'intensité de l'exercice. Passée cette phase l'augmentation se poursuit lentement et d'autant plus

modérément que l'activité est moins intense. GUILLET et GENETY(7) affirment que l'augmentation du nombre de battements cardiaques est l'une des possibilités par lesquelles l'organisme accroît son débit cardiaque. QUIRON et Collaborateurs (15) ont montré que la fréquence cardiaque est relativement plus élevée lors du travail effectué à l'aide des membres supérieurs que par les membres inférieurs. . L'accélération du rythme cardiaque à l'effort est donc aussi fonction du siège de l'exercice musculaire.

Lorsque l'activité physique est très intense, le rythme cardiaque croît rapidement et atteint à la fin de l'exercice sa valeur limite. C'est la fréquence cardiaque maximale. Elle ne dépend ni du degré d'entraînement, ni du sport, ni de la spécialité sportive (1,3). Actuellement, le seul facteur qui la modifie est l'âge auquel elle est liée par la formule :

$$FC_{max} = 220 - \text{âge} (1).$$

Cette formule bien connue d'Astrand est un peu différente de celle trouvée chez 89 sénégalais, âgés de 18 à 40 ans et vivant habituellement en climat chaud. Pour l'ensemble de ces sujets, des valeurs plus élevées de la fréquence cardiaque maximale ont été rencontrées et ce d'autant plus élevées que le sujet est plus âgé. La relation entre la fréquence cardiaque maximale et l'âge pour ces sujets est :

$$FC_{max} = 213 - 0,64 \text{ âge} (3).$$

La dernière raison est que la fréquence cardiaque constitue en physiologie de l'exercice musculaire une des méthodes d'observation les plus simples des répercussions de l'activité physique sur l'organisme (5). Par exemple les rythmes cardiaques de repos les plus lents sont rencontrés chez les sportifs. Ils sont d'autant plus lents que les sujets pratiquent une discipline sportive de longue durée (6). De même qu'au cours de l'effort, les sujets les plus entraînés ont une fréquence cardiaque plus basse que les moins entraînés pour un même exercice accompli dans des conditions identiques. Chez un sujet fatigué, on note une fréquence cardiaque au cours de l'exercice musculaire. L'adaptation de l'organisme diminue dans ce cas pouvant entraîner des complications comme la syncope qui est une perte momentanée de la sensibilité musculaire et du mouvement. L'entraînement du sportif doit être donc méthodique et contrôlé d'une façon rigoureuse pour que l'évolution soit harmonieuse.

La pratique des activités physiques va entraîner des modifications touchant aussi bien la morphologie que l'hémodynamisme du coeur. Les cavités ventriculaires deviennent très volumineuses et permettent le stock d'un volume sanguin important. Le coeur devient très puissant et est animé de battements amples avec des contractions lentes et vigoureuses. Ceci constitue une adaptation de l'apport **énergétique** à la demande accrue de l'organisme. On qualifie la fréquence cardiaque comme un bon témoin de la charge physique imposée par une épreuve (13).

L'importance de la fréquence cardiaque est donc considérable en physiologie de l'activité musculaire. Pour avoir plus de précisions sur ce paramètre en climat tropical où nous avons toujours vécu et nous espérons servir comme professeur d'éducation physique et sportive, nous nous sommes donnés comme tâche de répondre à un certains nombre de questions :

Première question : la fréquence cardiaque de repos suit-elle l'évolution de la température ambiante au cours de la journée ?

Deuxième question : la fréquence cardiaque maximale n'est-elle pas influencée par les températures ambiantes élevées ?

CHAPITRE I .-

TESTS MEDICAUX D'APTITUDE PHYSIQUE
REPOSANT SUR LA FREQUENCE CARDIAQUE.

L'étude des modifications de la fréquence cardiaque à l'effort est un bon indicateur de niveau de l'aptitude cardio-vasculaire à l'exercice musculaire (9). Très bien connue depuis de nombreuses années, cette notion a permis aux médecins du sport de mettre au point des épreuves fonctionnelles dites d'"effort" cardio-vasculaire qui ont seulement pour but de dépister les contre-indications à la pratique sportive ou de déterminer la capacité aérobie à l'effort.

1.1.- Epreuves d'"effort " cardio-vasculaire dépistant les contre-indications à la pratique sportive.

Elles sont très nombreuses et leur application varie à l'intérieur d'un même pays selon les centres médicaux, les groupes d'âge et les disciplines sportives. Parmi ces épreuves, nous examinerons celles décrites par RUFFIER, MARTINET et FLACK qui sont les plus couramment utilisées au Sénégal.

1.1.1.- Le test de Ruffier (16)

C'est un test dynamique qui consiste à faire effectuer à un sujet, 30 flexions sur ses membres inférieurs en 45 secondes. On prend la fréquence cardiaque en trois temps : au repos, (Po), immédiatement après l'effort (P1) et au bout d'une minute de récupération (P2). Certaines conditions de recueil de données doivent être respectées :

- avant de mesurer le rythme cardiaque au repos, le sujet doit se coucher ou s'asseoir pendant 15 minutes au moins.
- pendant toute la durée du test, la respiration doit être libre et naturelle. Il faut éviter l'apnée et l'hyperventilation.

Les valeurs de la fréquence cardiaque aux trois temps cités en haut nous permettent de calculer deux indices :

$$- \text{l'indice de Ruffier : } \frac{(Po + P1 + P2) - 200}{10}$$

A partir des résultats trouvés, le classement s'effectue comme suit :

Classification	Indice de Ruffier
Coeur athlétique	0
- sujet fort	0,1 à 5
coeur moyen :	
- sujet bon	5 à 10
- sujet moyen	10,1 à 15
coeur insuffisant	
- sujet faible	15,1 à 20

- l'indice de Ruffier-Dickson :
$$\frac{(P1 - 70) + 2(P2 - Po)}{10}$$

c'est une variante du précédent et permet la classification suivante :

Classification	Indice de Ruffier-Dickson
Bon	0 à 0,9
Moyen	3 à 6
Médiocre	6 à 8
Mauvais	8

./...

D'un point de vue clinique, il est préférable de tenir compte d'une part de la variation du pouls de repos, et d'autre part des variations relatives de la fréquence cardiaque obtenue à l'exercice et après une minute de récupération.

- La fréquence cardiaque de repos est d'autant plus basse que le sujet est plus entraîné.

- Le rythme cardiaque pris immédiatement après les 30 flexions ne doit pas dépasser deux fois la fréquence cardiaque de repos.

- Le nombre de battements cardiaques après une minute de récupération doit normalement être très proche du pouls de repos.

- Un rythme cardiaque de retour au calme inférieur à celui de départ signifie un bon freinage à l'effort et très souvent d'une excellente aptitude physique.

1.1.2. Le test de Martinet (16)

Son principe est identique au précédent. Le sujet doit effectuer 20 flexions sur les jambes en 40 secondes, et on apprécie les variations de la fréquence cardiaque aux trois temps décrits plus haut : repos, exercice, récupération.

Normalement, le rythme cardiaque à l'exercice ne doit pas dépasser de plus de 40 pulsations par minute celui de repos et le retour au calme doit se faire en une à deux minutes suivant le degré d'entraînement du sportif.

Les résultats de ce test sont jugés médiocres si la fréquence cardiaque après l'exercice est supérieure ou égale au double de celle de repos et si le temps de récupération dépasse trois minutes.

On peut appliquer ce test aux très jeunes sportifs (moins de 10 ans) et au gens du troisième âge pour lesquels 30 flexions peuvent représenter un exercice relativement important, tandis que le

test de Ruffier ne doit poser aucun problème pour les sujets des tranches d'âges comprises entre ces deux extrêmes.

1.1.3.- Le test de Flack (16)

Par opposition aux deux tests précédemment décrits, le test de Flack permet d'apprécier l'adaptation cardio-vasculaire à un exercice effectué en apnée. Il est aisément réalisé à l'aide d'un manomètre à mercure qui a la forme d'un U.

On demande au sujet, assis devant une table sur laquelle est posé un appareil, de faire une inspiration forcée, puis d'exercer une pression dans le tube en U jusqu'à ce que la différence du niveau de mercure dans les deux branches atteigne 40 mm.

Pour interpréter ce test, on prend en considération deux grandeurs :

- la durée de l'apnée comptée entre le moment où le sujet atteint 40 mm de mercure et le moment où il ne peut plus maintenir à ce niveau.
- l'évolution de la fréquence cardiaque au cours de cette apnée.

On compte les pulsations cardiaques par intervalles successifs de 5 secondes tout au long de l'apnée. Au paravant on aura pris soin de noter la fréquence de repos qui sert de référence au temps zéro.

Les différentes valeurs du rythme cardiaque seront reportées en fonction du temps sur un graphique. En joignant les points entre eux, on obtient une courbe dont 5 types ont été décrits, chacun correspondant à une condition physique particulière :

- type 1 : Allure plane, fréquence cardiaque ne dépassant pas 7 pulsations par 5 secondes : très bonne condition physique.
- type 2 : Elévation graduelle de la fréquence cardiaque jusqu'à 9 pulsations par 5 secondes : sujet en forme moyenne susceptible d'améliorer par l'entraînement.
- type 3 : Elévation rapide et soutenue jusqu'à 10 pulsations ou davantage par 5 secondes : sujet en mauvaise condition physique, à mettre au repos ; nécessité d'un examen médical approfondi pour déceler la cause de ce manque d'adaptation.
- type 4 : Elévation rapide jusqu'à 10 pulsations au plus par 5 secondes suivie d'une chute rapide jusqu'à une fréquence souvent inférieure au chiffre initial de repos : inaptitude à la compétition.
- type 5 : Elévation jusqu'à 9 ou 10 pulsations par 5 secondes au cours des 20 premières secondes suivie d'un retour stable à 6 ou 7 battements cardiaques par 5 secondes : tachycardie émotive chez un sujet neurotonique, sans signification péjorative.

Ce test peut être utilisé au cours de la visite d'aptitude pour de nombreuses disciplines, mais particulièrement pour les sports générateurs de blocages ventilatoires fréquents tels que la plongée libre, l'althérophilie, le judo, la lutte etc...

1.2.- Epreuves d'"effort " cardio-vasculaire déterminant la capacité aérobie ($\dot{V}O_2$ max).

Elles permettent d'évaluer l'aptitude de la chaîne énergétique qui peut être approchée par l'étude de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max).

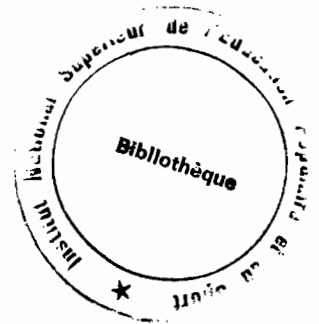
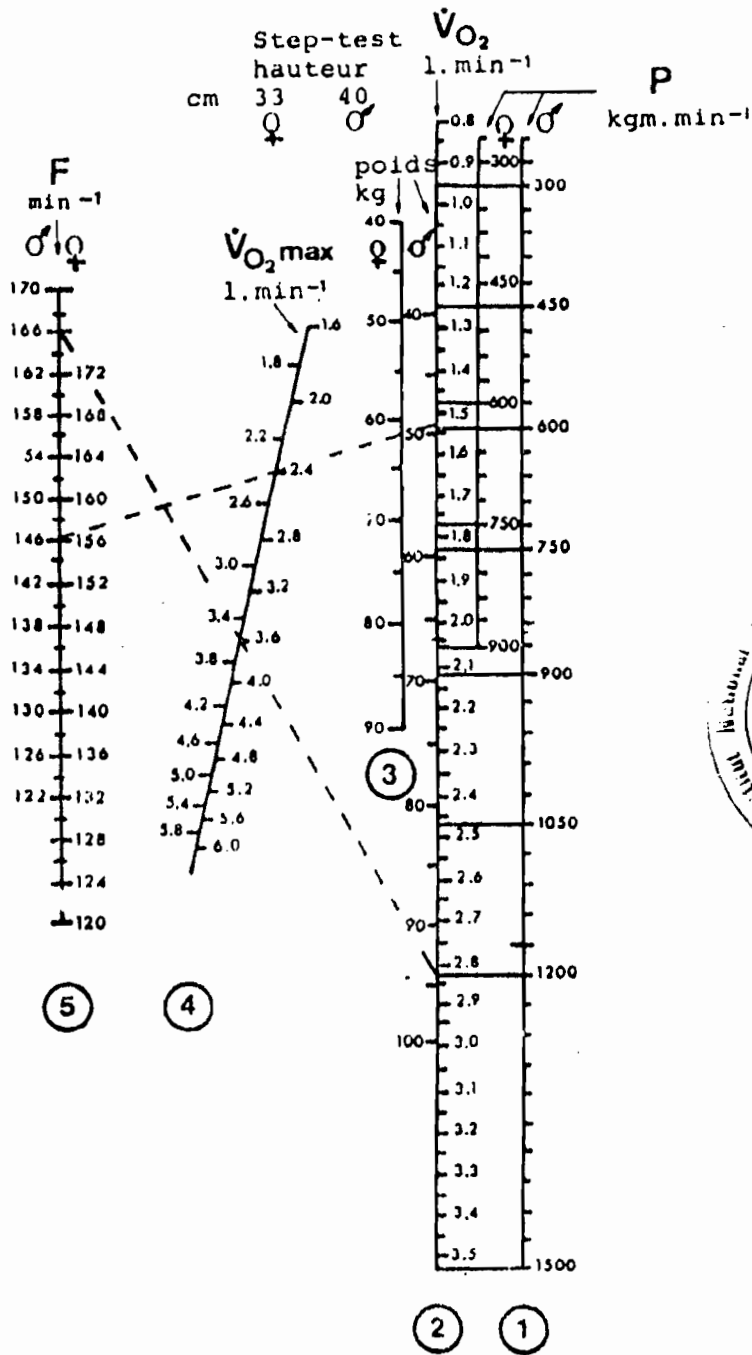
La consommation maximale d'oxygène est, en effet, le reflet des possibilités de transfert des substrats et des déchets entre les territoires de réserve ou d'échange et la cellule musculaire. Elle est un bon indicateur de la possibilité qu'a un sportif d'effectuer un effort musculaire de longue durée.

Les méthodes de détermination directe font appel à la mesure des concentrations et des déchets des gaz respiratoires lors d'un exercice maximal sur tapis roulant ou sur ergocycle. Ces méthodes demandent un matériel technique important. Astrand (1) a mis au point une technique de mesure indirecte de durée plus courte et de puissance moindre qui peut être utilisée dans tous les laboratoires de physiologie.

La détermination indirecte de la $\dot{V}O_2$ max repose d'une part sur l'existence d'une relation linéaire entre la fréquence cardiaque mesurée au cours de la phase d'équilibre d'un exercice et la puissance développée et d'autre part, la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène à l'état stationnaire sont atteintes pour une même dépense énergétique.

Le déroulement de l'épreuve consiste en un exercice de six minutes, à une puissance constante rigoureusement quantifiée et à la mesurer de la fréquence cardiaque à la fin de chaque minute.

La fréquence cardiaque mesurée à l'état d'équilibre de l'exercice musculaire et la puissance développée correspondante permettent de déterminer la $\dot{V}O_2$ max à partir du monogramme d'Astrand (1) graphique I.



Graphique I

Nomogramme d'Astrand.

CHAPITRE II.- MATERIEL ET METHODE.

Dans ce chapitre, il s'agira de définir les critères de sélection de nos sujets, du matériel technique utilisé dans l'expérimentation, du protocole expérimental et des calculs statistiques.

2.1.- Critères de sélection des sujets

Ce sont : l'adaptation naturelle des sujets aux conditions climatiques, le niveau d'entraînement des sujets, l'alimentation et leur hygiène de vie.

2.1.1. Adaptation naturelle

Notre étude a porté sur 21 élèves-professeurs de l'Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (I.N.S.E.P.S.). Ils sont tous nés au Sénégal et y ont toujours vécu ; exposés en permanence à la température ambiante, ils pouvaient être considérés comme adaptés aux conditions climatiques naturelles.

2.1.2.- Sports pratiqués à l'Institut

Ils étaient à leur troisième année de formation à l'Institut ; ils avaient donc pu bénéficier d'un entraînement régulier lors de la première et de la deuxième année de formation qui constituent un tronc commun. Les sports pratiqués sont des sports collectifs, individuels et de combat.

- Les sports collectifs sont au nombre de quatre : Basket-ball, Foot-ball, Hand-ball et Volley-ball.

- Les sports individuels sont au nombre de trois : athlétisme, gymnastique et natation.

. Athlétisme

Les disciplines pratiquées sont les suivantes :

- Course de fond sur une distance qui varie entre 3000 et 5000 mètres.
- Course de demi-fond sur une distance de 1200 mètres.
- Course de vitesse sur 100 mètres et sur 110 mètres haies.
- Sauts en longueur, en hauteur et triple saut.
- Lancer de poids, de javelot et de disque.

. Gymnastique

Il s'agit de la gymnastique au sol et aux agrès : ces derniers comportent des barres parallèles en première année et la barre fixe en deuxième année.

. Natation

Elle est pratiquée au début de l'année universitaire du mois d'octobre au mois de décembre et à la fin de l'année du mois de mai au mois de juin. Cette longue interruption est due au froid ; l'Institut ne dispose pas encore de piscine.

. Les sports de combat sont au nombre de deux : Judo et Lutte.

La troisième année de formation représente l'année de spécialisation, chaque étudiant choisit deux sports :

- un sport parmi les sports collectifs,
- un sport parmi les sports individuels et les deux sports de combat.

L'absence d'une piscine propre à l'institut fait que la natation n'est pas choisie comme option.

2.1.3.- Alimentation et Hygiène de vie

L'alimentation de nos sujets pouvait être considérée comme étant équilibrée. Le régime alimentaire était fait de café au lait le matin, du riz au poisson à midi et de la viande ou du poisson grillé le soir ou du coucous mêlé à du lait caillé.

Nous avons exclu de notre étude tous les sujets fumant plus de dix cigarettes par jour et tous les consommateurs d'alcool.

2.1.4.- Niveau d'entraînement

La durée de la pratique par jour est de 3 heures dans les deux premières années de formation à raison de deux disciplines. Elle est de 5 heures et demi par semaine en troisième année. En outre, les étudiants participent aux compétitions de l'UASSU à raison d'une compétition par semaine

en général le mercredi après-midi. Le lundi après-midi est réservé aux entraînements en vue de ces compétitions. Certains étudiants évoluaient selon leur gré dans des équipes civiles en championnat national de première division.

La pratique sportive à l'INSEPS, n'est donc pas négligeable et les sujets que nous avons examinés pouvaient être considérés comme aptes à la pratique du sport, adaptés au climat chaud et ont un niveau d'entraînement acceptable. En outre, ils avaient subi une visite médicale d'aptitude approfondie avant leur admission en première année. Ils étaient en principe prêts pour un exercice d'intensité maximale.

2.2.- Matériel technique

Le matériel que nous avons utilisé était le suivant :

2.2.1.- Bicyclette ergométrique

Elle est de type MONARK et permet d'effectuer des épreuves d'effort en laboratoire. Elle possède un pédalier et un volant d'inertie reliés par une chaîne. Sur le volant est appliquée une sangle de tension réglable (frein DÖBELN) reliée à un contre-poids.

Des marques numériques permettent de lire directement sur un compteur la charge de travail. Son utilisation nécessite une grande surveillance de la puissance développée qui est fonction du produit de la force de freinage par la distance parcourue qui est elle aussi liée à la vitesse de rotation.

2.2.2.- Cardio-fréquencemètre

Il est de type rythmostat. C'est un petit appareil électronique qui permet de savoir à tout moment la valeur du rythme cardiaque. Alimenté par une pile, il permet grâce à un système d'affichage, de lire directement le nombre de battements cardiaques par minute.

Il comporte :

- un boîtier relié par des fils de connection à 3 électrodes
- une sangle élastique qui permet de fixer les électrodes sur le thorax.

Sa fiabilité est très satisfaisante car il donne des valeurs de fréquence cardiaque avec un écart de deux pulsations.

2.2.3.- Autres appareils dont nous nous sommes servis

- Un tensiomètre à mercure et un stéthoscope pour la prise de la pression artérielle avant l'exercice.

- Un chronomètre pour mesurer le temps entre les différents paliers.

- Un hygromètre qui nous indique le degré de saturation de l'air ambiant en eau.

- Un pèse-personne

- Une toise.

2.3.- Protocole expérimental

Des précautions ont été prises avant et après le déroulement de l'épreuve.

2.3.1.- Précautions

- Avant l'épreuve :

Tous les sujets avaient pris leur dernier repas trois heures avant le début de l'épreuve. On leur avait recommandé d'éviter toute épreuve physique intense au moins douze heures avant. Le tabac était exclu deux heures avant l'épreuve. Du fait des complications pouvant être entraînées par l'exercice maximal, nous avons pris l'attache d'un médecin pour le contrôle de l'expérimentation.

- Au cours de l'épreuve :

La fréquence cardiaque la puissance de pédalage et la vitesse de rotation de la roue étaient l'objet d'une surveillance constante.

2.3.1.- Méthodologie

L'expérimentation avait eu lieu au service médical de l'I.N.S.E.P.S. de Dakar au mois de mai 1986. La salle communiquait directement avec le milieu extérieur et la température qui y régnait était voisine de celle du milieu ambiant.

Chaque sujet faisait deux exercices analogues d'intensité maximale dans la même journée : un premier exercice le matin lorsque la température ambiante était basse et un deuxième exercice l'après-midi lorsque la température ambiante était plus élevée.

A l'arrivée, les sujets étaient mis au repos pendant au moins 15 minutes. La fréquence cardiaque et la pression artérielle étaient mesurées. Ensuite, le sujet montait sur la bicyclette ergométrique. La selle était réajustée à chaque fois. Le cardio-fréquence-mètre posé sur le thorax, il commençait alors à pédaler avec une puissance variable selon les sujets. La progression se faisait par des paliers de 25 watts toutes les deux minutes. A la fin de chaque palier la fréquence cardiaque et la puissance développée étaient notées. Au dernier palier, on demande au sujet d'effectuer un dernier sprint avant de s'arrêter. A la fin de l'exercice, la fréquence cardiaque et la puissance notées correspondaient aux valeurs maximales de la fréquence cardiaque et de la puissance du sujet.

2.3.4.- Calculs statistiques

Nous avons constaté que la distribution de la population pour les grandeurs étudiées suivait une loi normale, ce qui nous autorisait à utiliser la moyenne et l'écart-type. Pour la comparaison de nos moyennes, nous avons utilisé le test de Student. L'effectif n'étant pas le même dans les différents paliers le degré de liberté était variable. C'est ainsi donc que pour les différents paliers, on a :

- Pour 20 degrés de liberté, la valeur critique $t_{0,05} = 1,725$
 si $t < 1,725$ la différence n'est pas significative
 si $t > 1,725$ la différence est significative
- Pour 20 degrés de liberté la valeur critique $t_{0,01} = 2,528$
 si $t < 2,528$, la différence n'est pas significative
 si $t > 2,528$, la différence est significative.
- Pour 17 degrés de liberté, la valeur critique $t_{0,05} = 1,740$
 si $t < 1,740$ la différence n'est pas significative
 si $t > 1,740$ la différence est significative.

- Pour 8 degrés de liberté, la valeur critique $t_{0,05} = 1,860$
si $t < 1,860$ la différence n'est pas significative
si $t > 1,860$ la différence est significative.

Nous avons constaté une certaine relation entre certaines grandeurs. Nous avons aussi fait des calculs de corrélation pour mettre en évidence les relations existant entre certaines grandeurs.

CHAPITRE III.- RESULTATS

3.1. Présentation et comparaison des valeurs moyennes

3.1.1. Les valeurs de repos

3.1.1.1. Fréquence cardiaque

Nous avons recueilli pour l'ensemble de nos sujets la fréquence cardiaque au repos. Les moyennes et les écart-types à des températures ambiantes de 21°C et de 25°C sont rapportés au tableau III.

La fréquence cardiaque de repos à une température ambiante moyenne de 25°C (68,476) est supérieure à la fréquence cardiaque de repos à une température ambiante moyenne de 21°C (62,571). Cependant la différence entre ces deux moyennes n'est pas significative.

3.1.1.2. Pression artérielle

Elle n'a été mesurée que le matin pour juger de l'aptitude des sujets à l'exercice maximal. Les valeurs moyennes et les écart-types de la pression artérielle systolique et de la pression artérielle diastolique sont rapportés au tableau II.

3.1.2.- Les Valeurs à l'exercice musculaire

3.1.2.1.- Fréquence cardiaque aux différents paliers

Nous avons rapporté au tableau III les valeurs moyennes et les écart-types de la fréquence cardiaque aux différents paliers et à des températures ambiantes moyennes de 21°C et de 25°C.

Les valeurs moyennes de la fréquence cardiaque aux différents paliers à une température ambiante moyenne de 25°C sont supérieures en général aux valeurs moyennes de la fréquence cardiaque à une température ambiante de 21°C. La différence entre les moyennes aux différents paliers n'est pas significative.

3.1.3.- Valeurs maximales

Les valeurs moyennes et les écart-types de la fréquence cardiaque maximale (FCmax) réelle à des températures ambiantes de 21°C et de 25°C sont rapportés au tableau IV. La fréquence cardiaque maximale théorique est calculée par la formule d'Astrand : $FC_{max} = 220 - \text{âge}$. Les moyennes et les écart-types sont rapportés au tableau VI.

La moyenne des valeurs de la FC max réelle à une température ambiante moyenne de 25°C (186,619) est légèrement supérieure à la moyenne des valeurs de la FCmax réelle à une température ambiante moyenne de 21°C (185,238). Cependant la différence entre ces deux moyennes n'est pas significative.

La moyenne de la FCmax théorique (194,238) est largement supérieure aux valeurs moyennes de la FCmax réelle à des températures ambiantes de 21°C (185,238) et de 25°C (186,619). La différence entre la valeur théorique et les valeurs réelles est significative au seuil de $P < 0,01$.

3.2.- Augmentation de la fréquence cardiaque

Les valeurs moyennes et les écart-types de l'augmentation de la fréquence cardiaque à des températures ambiantes de 21°C et de 25°C sont rapportés au tableau V.

L'augmentation des valeurs de la fréquence cardiaque à la température ambiante de 21°C (122,66) est supérieure à celle des valeurs de la fréquence cardiaque à la température ambiante de 25°C (118,142). Là aussi cette différence n'est pas significative.

3.3. Relation entre la fréquence cardiaque et la puissance développée.

Nous avons cherché à établir une relation entre la fréquence cardiaque et la puissance développée à des températures ambiantes moyennes de 21°C et de 25°C. Les coefficients de corrélation sont respectivement 0,91 et 0,92.

Le graphique II représente l'évolution de la fréquence cardiaque en fonction de la puissance développée aux températures ambiantes de 21°C et de 25°C.

Effectif	Age	(ans)	Poids	(Kg)	Taille	(cm)
ni	\bar{X}	6	\bar{X}	6	\bar{X}	6
21	25,761	1,585	66	4,925	175,66	5,357

TABLEAU I

Moyenne (\bar{X}) et écart-type (6) des valeurs anthropométriques (Age, Poids et Taille) de 21 élèves-professeurs de l'Institut National supérieur de l'Education populaire et du Sport (I.N.S.E.P.S.).

EFFECTIF	Pression artérielle systolique (cmHg)		Pression artérielle diastolique (cmHg)	
ni	\bar{X}	6	\bar{X}	6
21	13,261	2,281	7,714	0,703

TABLEAU II

Moyenne (\bar{X}) et écart-type (6) des valeurs de repos de la pression artérielle systolique et de la pression artérielle diastolique des sujets étudiés.

Puissance développée (Watts)	Température ambiante moyenne 21°C			Température ambiante moyenne 25°C			Degré de signification
	ni	Fréquence cardiaque batts. mn ⁻¹		ni	Fréquence cardiaque batts. mn ⁻¹		
		\bar{X}	6		\bar{X}	6	
repos	21	62,571	13,169	21	68,476	10,721	N.S.
50	2	141,500	8,500	2	135	0,707	N.S.
75	11	131,727	8,660	12	133,833	10,842	N.S.
100	18	143,055	14,239	18	146,388	11,534	N.S.
125	21	155,952	18,831	21	157,571	13,856	N.S.
150	21	171,476	15,150	21	172,571	13,741	N.S.
175	18	179,500	10,594	18	180,611	11,330	N.S.
200	9	183,111	9,352	9	181,555	10,749	N.S.
225	1	169		1	168		
250	1	189		1	189		

TABLEAU III

Moyenne (\bar{X}) et écart-type (6) des fréquences cardiaques des 21 sujets étudiés au repos et en fonction des puissances développées jusqu'à l'arrêt de l'exercice musculaire à des températures ambiantes moyennes de 21°C et de 25°C.

A droite du tableau, est mentionné le degré de signification à chaque palier.

	température ambiante moyenne : 21°C		température ambiante moyenne : 25°C		Degré de signi- fication
	\bar{X}	6	\bar{X}	6	
Fréquence car- diaque maximale réelle : batts- mn ⁻¹	185,238	5,954	186,619	4,876	N.S.

TABLFAU IV

Moyenne (\bar{X}) et écart-type (6) des valeurs de la fréquence cardiaque maximale réelle des 21 sujets examinés à des températures ambiantes moyennes de 21°C et de 25°C.

La différence entre les valeurs de la fréquence cardiaque maximale réelle à une température ambiante moyenne de 21°C et à une température ambiante moyenne de 25°C n'est pas significative.

	Température ambiante moyenne : 21°C		Température ambiante moyenne : 25°C		Degré de significa- tion
	\bar{X}	6	\bar{X}	6	
augmentation de fréquence cardiaque batts mn ⁻¹	122,666	13,495	118,142	10,233	N.S.

TABLEAU V

Moyenne (\bar{X}) et écart-type (6) des augmentations des fréquences cardiaques des 21 sujets étudiés à des températures ambiantes moyennes de 21°C et de 25°C. L'augmentation de la fréquence cardiaque représente l'augmentation du nombre de battements cardiaques pendant l'exercice musculaire.

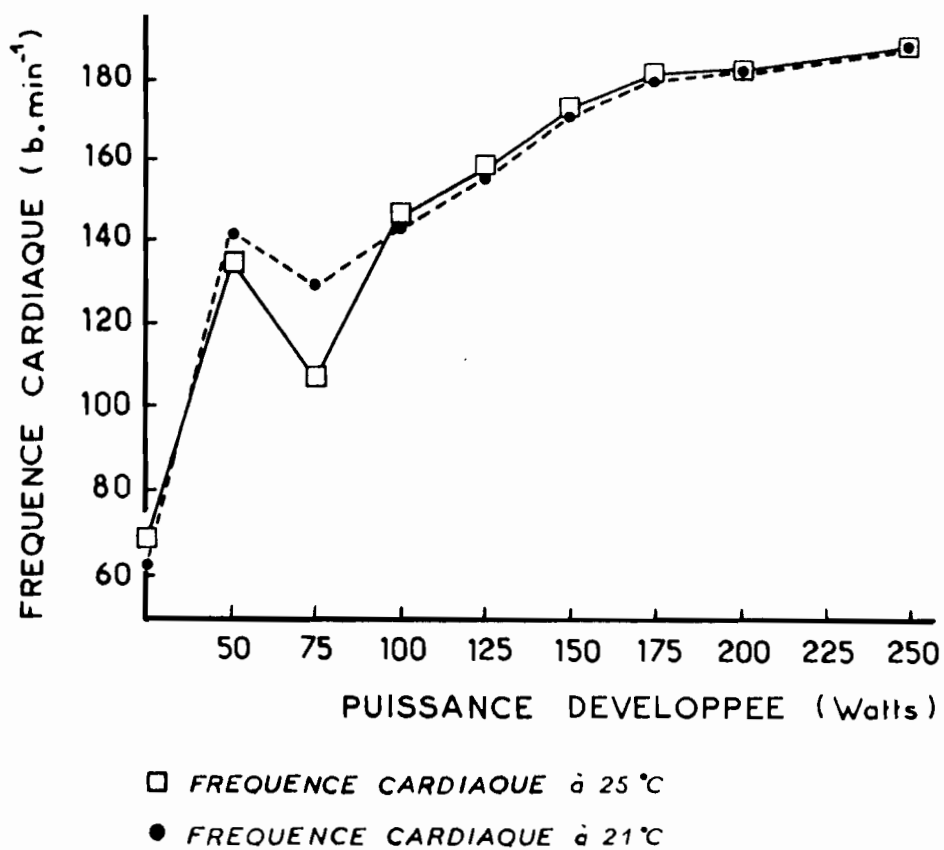
La différence entre l'augmentation de la fréquence cardiaque à une température ambiante moyenne de 21°C et l'augmentation de la fréquence cardiaque à une température ambiante moyenne de 25°C n'est pas significative.

	Température ambiante moyenne : 21°C		Température ambiante moyenne : 25°C	
	\bar{X}	6	\bar{X}	6
Fréquence cardiaque maximale théorique batt.mn ⁻¹	194,238	1,585	194,238	1,585
Fréquence cardiaque maximale réelle batt. mn ⁻¹	186,238	5,954	186,619	4,876
Degré de signification	P < 0,01		P < 0,01	

TABLEAU VI

Moyenne (\bar{X}) et écart-type (6) des fréquences cardiaques maximales théoriques et des fréquences cardiaques maximales réelles des 21 sujets examinés à des températures ambiantes moyennes de 21°C et de 25°C.

Sur la dernière ligne, est mentionné le degré de signification.



GRAPHIQUE II

Evolution de la fréquence cardiaque en fonction de la puissance développée à des températures ambiantes de 21°C et de 25°C chez 21 sportifs acclimatés au climat chaud.

CHAPITRE IV.- COMMENTAIRE ET DISCUSSION DES RESULTATS

4.1.- Les valeurs de repos de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle en fonction de la température ambiante.

4.1.1.- Fréquence cardiaque de repos

La plupart des auteurs travaillant sur les grandeurs cardio-vasculaires en climat tropical ont trouvé pour les sédentaires des valeurs de fréquence cardiaque de repos de l'ordre de 80 battements par minute (3,10). Les valeurs mesurées dans notre travail sont nettement inférieures (62,57 batt.mn⁻¹ à 21°C et 68,47 batts.mn⁻¹ à 25°C). Cela est certainement dû aux effets de l'entraînement sur la fréquence cardiaque.

L'on sait que la pratique sportive répétée et soutenue nécessitant une amélioration des conditions de transport de l'oxygène, ralentit le coeur en renforçant le tonus Vagal (1,14). Les valeurs de la fréquence cardiaque basale des étudiants que nous avons examinés sont légèrement inférieures à celles des sportifs sénégalais et largement inférieures à celles des sportifs européens de haut niveau.

Dans ce cas précis, on peut incriminer l'insuffisance de l'entraînement chez les étudiants. En effet, il ne s'entraînent que le matin, l'après-midi étant réservé aux cours théoriques.

La température ambiante a aussi une influence non négligeable sur ces grandeurs. On sait que la thermorégulation en climat chaud s'accompagne d'une augmentation de la fréquence cardiaque assurant ainsi un plus grand afflux de sang vers le réseau vasculaire cutané. Il y a donc augmentation du débit cardiaque par un accroissement du rythme cardiaque.

Les valeurs plus élevées de la fréquence cardiaque de repos à 25°C (68,47 batts.mn⁻¹) qu'à 21°C (62,57 batts.mn⁻¹) peuvent être attribuées à l'élévation de la température ambiante.

L'élévation de la fréquence cardiaque lors de l'exposition aux températures ambiantes élevées entraîne donc un accroissement du débit cardiaque qui constitue un moyen efficace pour le système cardio-vasculaire de maintenir sa pression constante face à un lit vasculaire élargi par la vasodilatation cutanée.

4.1.2.- La pression artérielle de repos

Elle a été prise seulement le matin au repos pour le contrôle de l'aptitude des sujets à l'accomplissement de l'exercice maximale. Les valeurs systoliques (13,26 cmHg) et les valeurs diastoliques (7,71 cmHG) sont réellement dans la fourchette normale. Les valeurs de la pression artérielle diastolique sont basses par rapport à la moyenne trouvée chez des sénégalais sédentaires(6). Elles peuvent être mises sur le compte de la vasodilatation entraînée par la pratique du sport.

4.2.- Les valeurs de la fréquence cardiaque au cours de l'exercice musculaire en fonction de la température ambiante.

4.2.1.- Evolution de la fréquence cardiaque en fonction des paliers de l'exercice musculaire.

L'analyse des courbes du graphique II montre une accélération de la fréquence cardiaque dès le début de l'exercice musculaire. Cela est habituel. L'on sait que le rythme cardiaque se modifie immédiatement au cours de tout exercice musculaire et même avant celui-ci. Cette augmentation est d'origine nerveuse et s'explique par la décharge d'adrénaline par les glandes surrénales et la mise en activité de la sensibilité proprioceptive à point de départ musculaire (7,8,10). Elle est d'autant plus marquée que l'exercice musculaire est intense. Elle permet à l'organisme d'augmenter son débit cardiaque pour d'une part répondre aux besoins en oxygène des muscles en activité, et d'autre part évacuer les produits de déchets du métabolisme cellulaire au cours de l'effort que sont la chaleur, le gaz carbonique et l'acide lactique.

L'étude des deux courbes de fréquence cardiaque à deux températures différentes nous permet de constater aussi qu'avant d'atteindre la fréquence cardiaque maximale, les valeurs du rythme cardiaque semblent se stabiliser lorsque la puissance de pédalage atteint 175 watts.

Nous avons obtenu pour la plupart des paliers de l'exercice musculaire (7 sur 9), des valeurs de fréquence cardiaque plus élevées à la température ambiante de 25°C sans que la différence ne soit significative. Peut-être qu'un écart de température ambiante plus important aurait permis d'avoir des valeurs significativement différentes aux différents paliers. Dans notre étude, les conditions de travail et la saison (mois de mai) ne nous permettaient pas d'avoir plus de 5°C d'amplitude thermique.

Comme nous l'avons vu, l'augmentation de la fréquence cardiaque aux différents paliers est fonction de l'intensité de l'effort musculaire. Elle dépend aussi de la contrainte thermique endogène due au métabolisme énergétique de l'exercice musculaire.

L'on sait qu'au cours de l'effort musculaire intense, la quantité de chaleur produite au niveau de l'organisme augmente, pouvant atteindre 15 à 20 fois la valeur initiale (1), entraînant ainsi une élévation de la température centrale pouvant atteindre 38 à 39°C. Des fois, des valeurs de 40°C sont notées. Ces valeurs sont fonction de l'intensité de l'exercice musculaire et sont sans dommage pour l'organisme. En effet, au cours de l'exercice musculaire, la thermorégulation est bien efficace. Elle se fait par la sudation et par la vasodilatation ; mais elle commence à un niveau supérieur par rapport à la température de repos.

4.2.2.- Fréquence cardiaque maximale

La relation positive et très significative entre la fréquence cardiaque et la puissance développée est meilleure à 25°C qu'à 21°C ($r_2 = 0,92$ et $r_1 = 0,91$). On serait tenté de dire que la température ambiante influe sur l'augmentation de la fréquence cardiaque. Cependant en examinant l'augmentation de la fréquence cardiaque au cours de l'exercice musculaire, on constate que :

les valeurs maximales de la fréquence cardiaque atteintes sont, bien sûr, plus importantes à 25°C (183,11 batts.mn⁻¹) qu'à 21°C (181,55 batts.mn⁻¹). Mais cela est dû au fait qu'on partait de valeurs de repos plus élevées à 25°C qu'à 21°C (68,47 batts.mn⁻¹ contre 62,57 batts.mn⁻¹). Ceci est d'autant plus vrai que la comparaison des valeurs maximales atteintes par la fréquence cardiaque ne montre pas de différence significative. On peut donc avancer que l'élévation de la température ambiante n'a pas d'effet notable sur les valeurs maximales de la fréquence cardiaque.

Ce constat trouve un argument de poids dans le fait que les valeurs maximales de la fréquence cardiaque que nous avons constaté sont inférieures à celles calculées à partir de la formule d'Astrand :

$$F_c \text{ max} = 220 - \text{âge} \quad (1).$$

En effet, cette relation a été établie sur des populations vivant en permanence en climat froid.

Nos résultats sont en désaccord avec ceux trouvés chez des sénégalais âgés de 18 à 40 ans qui montraient des valeurs de fréquence cardiaque maximales plus élevées que celles trouvées à partir de la formule d'Astrand. Pour expliquer cette différence, on pourrait incriminer l'étroitesse de la tranche d'âge (18 - 40 ans) et aussi, la population de sénégalais étudiée qui est constituée dans sa grande partie de sportifs (3).

RESUME ET CONCLUSION GENERALE

La fréquence cardiaque a été mesurée au repos et à l'exercice maximal à deux moments différents de la journée chez 21 élèves-professeurs d'éducation physique et sportive. L'humidité permettait une bonne évaporation de la sueur.

Il ressort de notre étude que :

- la fréquence cardiaque de repos, pour l'ensemble de nos sujets, est supérieure à celle des sportifs européens de haut niveau et inférieure à celle des sédentaires sénégalais.

- l'élévation de la température ambiante au cours de la journée influe sur le rythme cardiaque de repos par une augmentation du nombre de battements cardiaques.

- du cours de l'effort musculaire, les valeurs de la fréquence cardiaque maximale ne subissent aucune influence de l'élévation de la température ambiante.

A partir de ces constatations nous pouvons dire que les activités physiques et sportives peuvent se pratiquer sans crainte d'élévation péjorative de la fréquence cardiaque maximale.

Il est bien vrai que le climat tropical élève les valeurs basales de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle systolique (6) et de la température centrale (12) ; mais elle respecte les valeurs maximales de la pression artérielle (2,4) et la thermorégulation au cours de l'exercice musculaire d'intensité modérée à une température ambiante élevée est aussi efficace qu'à une température ambiante plus faible (3). La règle à observer est la compensation permanente et correcte des pertes d'eau et de sels minéraux pendant et après toute activité physique et sportive se déroulant sous un climat chaud.

La rééquilibration hydro-électrique ne pose pas de problème dans les disciplines sportives comme le basket-ball, le hand-ball, le volley-ball et la boxe où les pauses sont assez fréquentes. En Athlétisme, le "10 000 mètres" est la course la plus longue qui se fait sans arrêt mais elle ne dure pas plus de 30 minutes. Quand au demi-marathon et au marathon les sportifs observent des points de ravitaillement. Par contre au football où les boissons ne sont servies qu'à la mi-temps, les pertes en eau et en sels peuvent être importantes et conduire à des complications désagréables si la partie se déroule à une température ambiante élevée. La Fédération Internationale de Foot-ball Amateur (F.I.F.A.) devrait se pencher sur les possibilités qui permettraient aux footballeurs de compenser leur déficit en eau et en sels tout au long des rencontres.

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

=====

1.- ASTRAND P.O. et RODAHL K.

La fréquence cardiaque ; la régulation thermique in "précis de physiologie de l'exercice musculaire".

MASSON, Paris 1980 - P. 143 - 154 ; 394 -398.

2.- BJORN E.

Effect of physical training in adolescent boys.
Journal of applied physiology N° 3 1979 P.154-160.

3.- CISSE Fallou

Contribution à l'étude de l'adaptation cardio-vasculaire et de l'entraînement en climat chaud.

Mémoire pour l'obtention du Diplome d'Etude et de Recherche en Biologie Humaine.

Université Paris V., U.E.R. Biomédicale des Saints-Pères,
1984. P.1, 26,35,38.

4.- CORRY B., POWERS N. et BCHIR M.A.

Aerobic power measurement in runners and swimmers.
Brit J. Sports Med N°3 1982, P. 154 - 160.

5.- DE BRUYN - PREVOST P. et THILLENS R.

Evolution de la fréquence cardiaque et du taux d'acide lactique lors de rencontres de foot-ball.

Médecine du sport n°2, 1983. P. 48-51.

6.- ESSALAI M.

Les adaptations cardio-vasculaires à l'effort en milieu tropical
Thèse de Doctorat d'Etat en Médecine.

Université de Dakar, Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie 1974.
P. 3 -11 ; 20-29 ; 64-70.

7. GUILLET R. et GENETY J.
Physiologie et psychologie du sport ; les tests d'aptitude et de contrôle in "Abrégé de médecine du sport"
MASSON et Cie, Paris 1975. p.57 - 68 ; 73 - 83

8. HERMANN H. et Cier J. F.
Les adaptations de la circulation cutanée à la lutte contre la chaleur ; les adaptations circulatoires à l'exercice musculaire in "précis de physiologie" -
MASSON, Paris 1976. P. 487 - 488 ; 519.

9. KAMARA L.
Contribution à l'étude de la fréquence cardiaque au repos et à l'effort en climat tropical.
Mémoire de Maîtrise en sciences et techniques des activités physiques et sportives.
I.N.S.E.P.S., Dakar 1985. P 32 - 37.

10. KARPOVICH P. et SINNING W.
Le rythme cardiaque ; l'exercice musculaire dans les conditions inhabituelles d'environnement in "physiologie de l'activité musculaire".
VIGOT-FRERES, Paris 1975. P 285 - 306 ; 351-379.

11. MOST - PH.
Rôle et thérapeutique du sport in "psychologie sportive".
MASSON, Paris 1982. P 88 - 90.

12. NIASSY Y.
Influence de l'élévation de la température ambiante sur les modifications thermiques centrales et cardio-vasculaires au cours de l'exercice musculaire en climat tropical.
Mémoire de Maîtrise en sciences et techniques des activités physiques et sportives.
I.N.S.E.P.S. - Dakar 1986. P. 39 - 42 ; 45 -48.

13.- POTY P. OLAGNIER H. et LACOUR J.R.

Enregistrement de la fréquence cardiaque de cyclistes en compétition.
Médecine du Sport n° 5, 1985. P. 42 - 47.

14.- OEVAUVILLIER J. PERLMUTER L. OBEASKA P. et KOPF A.

Fréquence cardiaque in "Cahier de biologie "N° 1.
MASSON, Paris 1972. P. 36 - 37.

15. OUIRION A., S'JONGERS J.J. et VOGELAERE P.

- Adaptation de la fréquence cardiaque lors d'un effort isométrique
et isotonique des bras et des jambes
Médecine du Sport N° 6 1980 P. 37 - 42.

16.- WULLAERT P.

Les épreuves d'effort lors du contrôle médico-sportif in
"Guide pratique de Médecine du sport"
Editions Médicales et Universitaires Paris 1977. P 69 - 80./.

