

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR  
DE L'EDUCATION POPULAIRE  
ET DES SPORTS  
(I.N.S.E.P.S.)

THEME :

**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**

par

**Yancouba NIASSY**

né le 25 avril 1962



MEMOIRE DE MAITRISE

**ES-S.T.A.P.S.**

85 - 86

Directeur

Docteur Fallou CISSE

D E D I C A C E

=====

*Je dédie ce laborieux travail*

*A mon père Famara NIASSY,*

*A ma mère Tida BADJI*

*A mes oncles et tantes*

*A mon cousin Malamine DIEDHIOU*

*A mes voisins de chambre*

*A tous mes frères et soeurs, cousins et cousines*

*A tous mes aimables amis(es)*

*A toute la grande famille sportive*

*les médecins y compris -*

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

*Nous adressons nos sincères et chaleureux remerciements*

- *à toutes les personnes qui, de loin ou de près, ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier*
  
- . *Docteur Fallou CISSE, qui malgré ses multiples occupations n'a ménagé aucun effort pour mener à bon terme ce travail*
  
- . *Mlle Marie DIENE, secrétaire à l'INSEPS pour sa générosité et la qualité du travail*
  
- . *Monsieur Landing NIASSY pour son assistance matérielle et affective.*

# S O M M A I R E

=====

	Pages
INTRODUCTION -----	1
 <u>CHAPITRE I. RAPPELS PHYSIOLOGIQUES DES NOTIONS DE BASE</u>	
1.1.- Fréquence cardiaque (FC)-----	5
1.1.1.- Définition -----	5
1.1.2.- Facteurs influençant la fréquence cardiaque -----	5
1.1.3.- La fréquence cardiaque au cours de l'exercice -----	7
1.1.4.- Régulation de la fréquence cardiaque cardiaque -----	9
1.2.- Débit cardiaque -----	10
1.2.1.- Définition -----	10
1.2.2.- Variations à l'effort physique et méthode de mesure -----	10
a/- la fréquence cardiaque -----	11
b/- le volume d'éjection systolique-----	11
c/ le coeur du sportif -----	12
1.3.- Pression artérielle -----	14
1.3.1.- Définition -----	14
1.3.2.- Facteurs influençant la pression artérielle -----	14
1.3.3.- Les différentes variations de la pression artérielle -----	15
1.3.4.- Régulation de la pression artérielle.	17
1.4.- Thermorégulation -----	19
1.4.1.- la température centrale (T.C) -----	20
a/- Définition -----	20
b/- Les variations physiologiques de la température centrale----	20
1.4.2.- Constance de la température centrale.	21
1.4.3.- La température centrale au cours de l'activité musculaire -----	23
1.4.4.- Régulation thermique -----	24

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE

2.1.-	Sujets -----	25
2.2.-	Matériel -----	26
	a/- une bicyclette ergométrique -----	26
	b/- le rythmostat -----	27
	c/- le tensiomètre à mercure-----	27
	d/- autres appareils -----	27
2.3.-	Protocole -----	28
	2.3.1-Précautions -----	28
	2.3.2-Méthodologie -----	28
	2.3.3-Calcul de la pression artérielle moyenne -----	29
	2.3.4-Calcul statistique -----	29

## CHAPITRE III : RESULTATS

3.1.-	Présentation et comparaison des valeurs moyennes -----	30
3.2.-	Moyennes des différents paramètres -----	30
	3.2.1.- la température centrale -----	30
	3.2.2.- la fréquence cardiaque -----	30
	3.2.3.- la pression artérielle différen- tielle -----	31
	3.2.4.- la pression artérielle moyenne. -----	31
	3.2.5.- la pression artérielle systolo- diastolique -----	31
	3.2.6.- Tableaux récapitulatifs -----	32
3.3.-	Comparaison des résultats obtenus lors des deux exercices -----	39
	3.3.1.- comparaison des valeurs de repos. -----	39
	3.3.2.- comparaison des valeurs recueil- lies à l'état stationnaire -----	39
	3.3.3.- comparaison des valeurs des augmentations -----	40

./...

CHAPITRE IV. - COMMENTAIRE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Effets de la température ambiante sur les différents paramètres étudiés -----	43
4.1.- L'influence de l'élévation de la tempé- rature ambiante sur les valeurs de repos -----	44
4.1.1.- Température centrale de repos, ---	44
4.1.2.- Fréquence cardiaque de repos-----	45
4.2.- L'influence de la température ambiante sur les différents paramètres à l'effort. 46	
4.2.1.- la température centrale à la phase stationnaire de l'exercice muscu- laire -----	46
4.2.2.- Fréquence cardiaque à la phase stationnaire de l'exercice muscu- laire -----	47
4.2.3.- Pression artérielle à la phase stationnaire de l'exercice musculaire -----	48
a/ - Pression artérielle systolique----	48
b/ - Pressions artérielles diastolique et moyenne -----	49
c/ - Pression artérielle différentielle	50
CONCLUSION -----	52
BIBLIOGRAPHIE -----	54

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

=====

Le sport moderne s'est très vite développé à travers le monde, et revêt de nos jours une importance capitale. Ses bienfaits ne sont plus à démontrer. Basé sur la pratique méthodique des exercices physiques, le sport vise la santé, le perfectionnement, la maîtrise du corps...

Mais ce terme "sport" ne se conçoit plus sans la compétition. C'est d'ailleurs, ce qui est clairement mis en exergue par la définition de Larousse selon laquelle, le sport est 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. Cette conception du sport est confirmée par les travaux de Pierre Parlebas. (15)

Cependant, la réalité est que tous les sports dits modernes, sont le plus souvent importés des pays tempérés avec toute leur réglementation originale. Par exemple au Foot-ball, il faut quarante cinq (45) minutes de travail physique pour se reposer ; soit un temps effectif d'effort physique de quatre vingt dix (90) minutes quelle que soit la température ambiante. Pourtant, c'est un sport conçu dans des conditions climatiques tempérées (Angleterre XIX<sup>e</sup> siècle).

Y a-t-il eu des recherches effectuées dans le but d'en juger son adaptabilité en milieu chaud ? Au laboratoire peut-être, mais dans les vraies conditions naturelles, aucune étude n'a encore été menée dans ce sens. Beaucoup d'autres exemples, à part le Foot-ball, peuvent être cités : d'où la nécessité semble indéniable.

Parallèlement, un autre phénomène, assez important est devenu une réalité. En effet au niveau de la masse populaire, la pratique physique, (sport de masse, activités physiques d'entretien) ne cesse de gagner de plus en plus de pratiquants, conçue comme une "mode", un moyen de distraction, il n'est plus rare de voir des individus de tout âge, courir ou jouer en pleine chaleur. Sont-ils conscients des retombées néfastes qu'ils encourent ? Le plus souvent non.

./...

Certains se fient simplement à certaines données parfois trop classiques telle que : "l'homme est un homéotherme, sa température interne est stable en dépit des variations de la température extérieure" (8) C'est là une erreur qui peut être fatale? Car, même si cette précédente donnée est une vérité en climat tempéré, il n'en demeure pas moins que l'impact qu'une température ambiante plus chaude, peut avoir sur un organisme vivant en permanence en milieu chaud, n'est pas encore bien éclairé. La différence climatique des deux milieux ne doit pas être négligée si l'on croit aux travaux de Marc Sankalé et Pene P. (10), qui soutiennent que l'environnement entraîne des modifications physiologiques.

Aussi selon une conception bien admise, l'exercice musculaire accélère le rythme cardiaque, engendrant ainsi des modifications cardio-vasculaires. Mais l'effet exact du climat chaud sur les systèmes cardio-vasculaire et thermorégulateur du sujet adapté et vivant en permanence en milieu tropical reste à être déterminé.

Dès lors devons nous nous fier entièrement aux résultats des travaux effectués en climat tempéré, sous prétexte qu'ils sont des données scientifiques? Nous pensons qu'il est nécessaire que de notre côté, nous puissions déterminer des critères de jugement.

C'est donc dans ce sens que nous, futurs professeurs d'éducation physique et sportive, voulons mener notre étude. Elle a pour lieu Dakar (capitale du Sénégal) et porte sur des élèves-professeurs du premier cycle (1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> année), en formation à l'Institut national supérieur de l'Education populaire et du Sport (I.N.S.E.P.S.) Ce choix porté sur Dakar, n'est pas un hasard. Il se justifie par deux raisons principales :

- d'abord, sa situation géographique intertropicale, lui confère un climat chaud, ce qui répond en grande partie à notre souci.

En plus, du fait de son passé historique (capitale de l'ancienne A.O.F.), Dakar dispose d'une infrastructure sportive qui fait de lui, un lieu privilégié de rencontres sportives.

Grâce à la volonté quotidienne de l'homme d'œuvrer pour éclairer sa nature, certaines considérations rétrogrades prennent du recul. C'est ainsi qu'il est aujourd'hui admis que l'organisme humain est un tout. Dès lors, il est permis de penser que les modifications physiologiques, dont font allusion Marc Sankale et Pene P. peuvent par interférence toucher toutes les fonctions biologiques. Aussi, il nous semble difficile, voire impossible de cerner toutes les modifications qui s'opèrent dans l'organisme pris dans cette considération.

C'est donc là, une raison qui nous a contraints à porter le choix sur certains paramètres bien précis : la température centrale, la fréquence cardiaque et la pression artérielle.

Notons également qu'en dehors de ce souci de précision, la simplicité de leur mesure a été un facteur déterminant au moment du choix.

Donc dans cette modeste contribution à la physiologie appliquée à l'exercice musculaire, nous tenterons de vérifier s'il y a une relation entre l'augmentation de la température ambiante et la température centrale, la fréquence cardiaque et la pression artérielle, au repos et à l'effort musculaire.

Pour ce nous nous sommes posés un certain nombre de questions :

- la température ambiante, en augmentant entraîne-t-elle une élévation de la température centrale malgré la thermorégulation ?

- sachant que la fréquence cardiaque est très sensible à plusieurs facteurs externes, nous nous sommes posés la question de savoir si l'augmentation de la température ambiante n'entraîne-t-elle pas une accélération anormale, entendre excessive, de la fréquence cardiaque ?

- enfin, notre dernière question est de savoir si une température ambiante montante n'induit-elle pas, en contact avec la surface corporelle des modifications de la pression artérielle, au repos comme à l'exercice physique ?

Pour répondre à toutes ces questions; nous commencerons par quantifier les valeurs des différents paramètres, au repos et à l'effort musculaire à deux températures ambiantes différentes. Puis les données qui seront recueillies feront l'objet d'un traitement statistique, pour aboutir à des résultats édifiants

Ainsi pour mieux vous permettre de nous suivre, nous vous proposons dans le chapitre I, un rappel des bases physiologiques relatives à notre étude; puis dans le chapitre II, vous trouverez présentés, la méthode et le matériel qui nous ont permis de réaliser ce travail. Au chapitre III seront présentés nos résultats, qui seront à la suite commentés et discutés au chapitre IV.

En dernier ressort, nous tenterons de faire un bilan général de notre travail.

CHAPITRE I

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES DES NOTIONS DE BASE

=====

Comme nous venons de l'annoncer antérieurement, l'organisme humain que ce soit au repos ou en activité musculaire est en perpétuel réaménagement interne en vue de maintenir l'état d'équilibre harmonieux entre lui-même et le milieu ambiant.

Aussi ne faudrait-il pas perdre de vue que cette activité interne d'autorégulation, varie en fonction de l'intensité de l'activité à laquelle le corps est soumis.

Ainsi, pour une meilleure compréhension de notre travail, nous avons jugé nécessaire de rappeler certaines notions physiologiques.

## 1.1. /- FREQUENCE CARDIAQUE

### 1.1.1.- Définition

C'est le nombre de battements cardiaques par minute. A la naissance, la fréquence cardiaque au repos peut atteindre 130 Batt/mn. Puis elle s'abaisse progressivement pour atteindre les valeurs typiques de l'âge adulte, pour encore augmenter légèrement dans l'âge avancé.

Ainsi la fréquence cardiaque de repos chez l'homme adulte sain, placé dans des conditions thermiques idéales, est d'environ 65 Battements/minute. Chez la femme cette valeur est légèrement majorée de 5 à 10 batts/mn. (12)

### 1.1.2.- Facteurs influençant la fréquence cardiaque

- la posture : plusieurs travaux ont prouvé que la fréquence cardiaque est nettement influencée par la position du corps.

Elle apparaît plus lente en position couchée, moyenne en position assise et plus rapide, debout. A ce sujet Schneider et Truesdell (17) ont trouvé que chez 2 000 hommes jeunes en bonne santé, les différences entre le rythme cardiaque en position debout et en position couchée variaient de + 57 à -15 battements -1.

- l'émotion : Elle accélère de façon notoire, la fréquence cardiaque. Il paraît d'ailleurs que les variations de l'état émotionnel, affectent le rythme cardiaque beaucoup plus que les changements de posture (12). Ce qui rend la mesure de la fréquence cardiaque plus complexe, car un sujet peut apparaître bien au repos alors que son état émotionnel est élevé.

- l'exercice physique : c'est un excellent facteur d'accélération de la fréquence cardiaque. Plusieurs observations ont affirmé que le rythme cardiaque s'accélère, dès le début de tout exercice (5). Celles d'Astrand et Rodhal nous révèlent que la fréquence cardiaque maximale à l'effort dépend du facteur âge et s'obtient grâce à la formule :  $220 - \text{âge}$  (3).

L'un des signes constatés au début de toute accélération serait le raccourcissement du premier cycle après le commencement de l'exercice. La durée des cycles suivants va donc en continuer à diminuer. Ce phénomène s'explique par un raccourcissement de la diastole cardiaque. Retenons ~~du~~ passage que le stimulus responsable de cette rapide réaction serait d'origine nerveuse. (17)

- la température : comme les précédents facteurs, l'augmentation de la température du corps a une part de responsabilité dans l'accélération du rythme cardiaque.

Il faut cependant remarquer que l'accélération de la fréquence cardiaque engendrée par une augmentation de la température ambiante est plus importante que celle de la température du corps. (9)

- la digestion : les moments de la journée n'ont aucun effet sur la fréquence cardiaque. C'est plutôt la digestion qui accélère le rythme cardiaque pendant au moins deux heures après absorption de nourriture (12). Par conséquent toute expérience à mener à ce sujet doit tenir compte de ce facteur.

- les muscles en activité : Leur effet est peut être modéré, mais certain. L'expérience de Alamet Smirk (1) qui a consisté à arrêter l'arrivée du sang à la jambe, nous a prouvé que les contractions des muscles de ce membre provoquent une accélération de la fréquence cardiaque.

- l'entraînement : les effets de l'entraînement sur la fréquence cardiaque ne sont plus à démontrer.

L'intéressante remarque que nous devons retenir est que le rythme cardiaque décroît à mesure que la distance de la spécialité est grande.

Dès lors, il apparaît que les exercices submaximaux du type aérobie ont un effet plus marqué dans le ralentissement du pouls au repos, que les exercices maximaux du type anaérobie (14).

### 1.1.3.- La fréquence cardiaque au cours de l'exercice

La fréquence cardiaque épouse une allure spécifique pendant l'exercice musculaire.

Ainsi dès le début de l'exercice, le rythme cardiaque s'accélère rapidement : "l'accélération la plus importante se fait en moins d'une minute".

D'autres observations (12) ont d'ailleurs révélé que parfois, la moitié de cette accélération a lieu dans les 15 premières secondes. Puis, progressivement un palier est atteint. Mais si l'exercice est intense, une seconde accélération peut survenir ; avant de stationner définitivement à une fréquence maximale, qui ne sera jamais dépassée. Cette valeur limite est fonction de l'âge du sujet ( voir p. 6 ).

Retenons en résumé que l'augmentation de la fréquence cardiaque au cours d'un exercice dans des conditions idéales est en relation linéaire avec l'intensité du travail ; tandis que celle du volume d'éjection systolique est curvilinéaire. Cependant l'augmentation de la fréquence cardiaque n'est pas continue, elle plafonne à la suite.

Après tout exercice musculaire, suit nécessairement la période de retour au calme. Ainsi a-t-on remarqué que le retour à la normale, après un exercice est fonction de l'intensité de celui-ci et de l'état du sujet. Plus l'intensité est grande, plus sera longue la période de récupération (14).

Ce délai de retour à la normale est d'après certaines études plus court chez un sujet bien entraîné que chez un sédentaire Cotton et Dill (7) ont montré au moyen d'un cardiotelegraph qui l'amorce du retour à la normale de la fréquence cardiaque peut s'observer dès les 10 secondes qui suivent immédiatement la fin d'un exercice épuisant.

Ce ralentissement peut être assez considérable (environ 1 batt/mn). Puis progressivement le rythme cardiaque redevient normal.

Un chercheur Bowen (5) a trouvé qu'un ralentissement subit et rapide de la fréquence cardiaque peut parfois être suivi d'un palier avec ensuite un ralentissement secondaire plus lent. Parfois le rythme cardiaque peut même tomber en dessous de sa valeur d'avant l'exercice. D'ailleurs certains physiologistes pensent que l'appréciation du rythme cardiaque, après un exercice standard est plus valable que celle du rythme cardiaque de repos. Car avant l'exercice, ce dernier peut être modifié temporairement par divers facteurs.

Des études plus approfondies (9) sur la fréquence cardiaque ont révélé que les sujets entraînés revenaient plus vite à la normale que les sujets non entraînés.

Il faut noter cependant que le rythme cardiaque ne revient pas à la normale aussi vite que le fait l'absorption d'oxygène après qu'une dette ait été contractée.

#### 1.1.4.- Régulation de la fréquence cardiaque

Deux groupes de nerfs du système nerveux végétatifs sont les principaux responsables de la régulation de la fréquence cardiaque. Il s'agit du sympathique et du parasympathique, respectivement accélérateur et ralentisseur.

Il doit y avoir donc toujours un équilibre, mais la réalité est autre ; car le vague est en permanence plus fort. Il en ressort que toute accélération du rythme cardiaque résulterait d'une inhibition du centre cardio-inhibiteur par augmentation du tonus du système cardio-accélérateur ou par ces deux processus simultanément.

## 1. 2./- DEBIT CARDIAQUE

### 1. 2.1.- Définition

On appelle débit cardiaque la quantité de sang pompée par chaque ventricule en une minute. Il est le plus souvent exprimé en litre/min. Le débit cardiaque dépend du produit de deux facteurs : la fréquence cardiaque et le volume d'éjection systolique. D'où résulte la formule :

Débit cardiaque = fréquence cardiaque X volume  
d'éjection systolique

$Q = F.C. \times V.S.$  / Q en litres/mn  
/ VS en litres et FC en batt/mn.

Rappelons que la fréquence cardiaque est le nombre de battements cardiaques par minute. Elle doit être déterminée par la fréquence du nœud sino-auriculaire, pourvu d'une inhibitrice du nerf vague (tonus vague) la fréquence cardiaque bat au rythme de 60 à 70 batt/mn. Quant au volume d'éjection systolique, il est défini comme étant la quantité de sang éjectée par chaque ventricule à chaque battement. Il est d'environ 70 ml par battement au repos. Ainsi le débit cardiaque est alors estimé à environ 5l/mn.

A l'exercice musculaire, cette précédente valeur de repos sera multipliée plusieurs fois pour atteindre 15 à 20l/mn chez le sédentaire, et 25 à 30l/mn chez le sportif.

### 1. 2.2.- Variations à l'effort physique et méthode de mesure

Elles sont fonction du volume d'éjection systolique (VS) et de la fréquence cardiaque (F.C) dont l'évolution entraîne celle du débit cardiaque (DC). Ce dernier varie selon le niveau de pratique physique.

En 1870, FICK (21) propose une démarche devant permettre de mesurer le débit sanguin nécessaire au transport de l'oxygène, des capillaires alvéolaires à toutes les parties de l'organisme humain. Son principe utilise essentiellement la différence de concentration artério-veineuse de ce gaz, selon la formule

$$VO_2 = Q (CaO_2 - CVO_2) \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{VO_2}{CaO_2 - CVO_2}$$

$VO_2$  = consommation d' $O_2$

$(CaO_2 - CVO_2)$  = différence artério-veineuse en  $O_2$

$Q$  = débit cardiaque

Cette démarche connue sous l'appellation de "Principe de Fick" requiert certains critères ; parmi lesquels nous retenons :

- la mesure doit se faire à l'état stationnaire
- les prélèvements doivent être effectués simultanément.

a) - La fréquence cardiaque (F.C)

Elle permet d'augmenter le débit cardiaque dans des proportions importantes (15 à 30l/mn). Cependant la tachycardie entraîne une diminution de la diastole qui limite le remplissage ventriculaire. De même, elle gêne la perfusion des coronaires, en même temps qu'elle peut engendrer de façon directe une élévation de la pression diastolique. Il en résulte des tachycardies inefficaces sur le plan hémodynamique (14).

b) Le volume d'éjection systolique

Ses variations au cours de l'effort physique sont essentiellement déterminées par l'influence des catécholamines. Il est généralement estimé à environ 90 ml au repos.

Au cours de l'exercice musculaire, le volume d'éjection systolique augmente aux dépens du résidu post-systolique, évalué à 110 ml environ. Puis consécutivement, le retour veineux augmente les catécholamines sécrétées, permettant un bon remplissage des ventricules et par conséquent une meilleure éjection ventriculaire. (14)

### 1.2.3.- Le coeur du sportif

Les athlètes bien entraînés ont un coeur lent, gros et sthénique. On parle alors de bradycardie du sportif. Elle est souvent rencontrée chez des sujets se livrant à des efforts plus ou moins intenses et assez prolongés (travail en aérobie).

En effet sous l'influence d'un entraînement intense et soutenu, le muscle cardiaque se développe et devient plus fort : c'est l'hypertrophie du myocarde. Cette intéressante révélation, nous la devons à Harveu, qui a découvert le premier, la circulation sanguine et qui disait en 1628 "plus les hommes sont forts avec une importante musculature, plus leurs chairs sont fermes, plus leurs coeurs sont forts, épais, denses et fibreux, plus leurs veilles et leurs artères sont épaissies resserrées et fortes".<sup>1</sup>

Cette hypertrophie confère au coeur un meilleur rendement. La bradycardie a pendant longtemps intéressé les chercheurs physiologistes. C'est alors que les travaux d'Herman LAUBRY et VAN BOGAERT (12), révélèrent que la bradycardie est d'origine vagale. Ils expliquèrent, à la suite que l'entraînement intense et régulier finit par augmenter le tonus parasympathique, cardio-modérateur qui, en dominant le sympathique, cardio-accélérateur, ralentit le rythme cardiaque du sportif au repos.

Pourtant malgré la baisse de la fréquence cardiaque, le cœur du sportif assume correctement sa fonction biologique. Cela peut s'expliquer par l'augmentation de la capacité des cavités cardiaques et l'excellente puissance de contraction ; témoin d'un bon développement du myocarde et d'un meilleur remplissage.

### 1.3. PRESSION ARTERIELLE

#### 1.3.1.- Définition

C'est la pression du sang dans les artères. Elle est mesurée par un tensiomètre qui l'exprime par deux valeurs : la minima et la maxima.

Selon l'avis unanimement partagé; 12/7 est la pression artérielle de repos normale. Car avec une maxima de 12 et une minima de 7, la différence 5 (pression artérielle différentielle) est de loin meilleur que 3 : par exemple le cas 14/11.(13)

Lorsque la différence entre la minima et la maxima est inférieure à 3, on parle de pincement de la pression artérielle différentielle, par élévation de la diastole.

La pression artérielle n'est pas fixe. Selon certains médecins (24) l'évolution des valeurs de la pression artérielle doit s'opérer dans le rapport de 5 à 1 : c'est -à-dire que quand la maxima augmente de 5, la minima augmente de 1.

Retenons enfin qu'on parlera d'hypotension quand la maxima est inférieure à 9 et de collapsus cardio-vasculaire quand cette dernière est inférieure à 7.

#### 1.3.2. Facteurs influençant la pression artérielle

Elle peut être affectée par plusieurs facteurs. Mais rappelons avant tout, que la pression artérielle peut être obtenue en faisant le produit du débit cardiaque par la résistance périphérique.

$$P.a = Q \times R_p.$$

Il ressort de cette formule que les variations importantes de la pression artérielle sont sujacentes au comportement des deux facteurs (débit cardiaque et résistance périphérique).

Entre autres facteurs, nous pouvons retenir :

- la viscosité du sang : le sang est naturellement un fluide visqueux, qui offre deux à trois fois plus de résistance que l'eau pure ou salée. Cette viscosité dépend d'une part du plasma et d'autre part, du nombre de globules rouges présents. En résumé, notons qu'une viscosité sanguine basse donnera une pression sanguine basse tandis qu'une viscosité élevée engendrera une pression élevée (14).
- la pesanteur : des travaux de plusieurs chercheurs (18) ont révélé que la pesanteur a un effet net sur la pression sanguine. Cette dernière s'élève de 10 mmHg tous les 12 cm de dénivellation au dessous du coeur. Et inversement au dessus du coeur, elle décroît de la même valeur.

Ainsi a-t-on remarqué que dans la position debout, la pression systolique sera de 210 mmHg aux pieds et seulement 90 mmHg au cerveau. En position allongée, ces deux pressions seront égales (120 mmHg).

- la race : il vient d'être confirmé par des expériences menées aux U.S.A. et en Afrique que le noir est le plus souvent, <sup>hypertendu</sup> plus que le blanc même en campagne. (16)

### 1.3.3.- Les différentes variations de la pression artérielle

La pression artérielle, souvent mesurée chez l'homme au niveau de l'artère humérale du bras est considérée comme indiquant la pression artérielle en général, bien que cette pression varie d'une artère à une autre.

Une pression maximum est périodiquement réalisée par la pression artérielle, et est considérée comme témoin de la force exercée par le coeur, la pression systolique. Entre deux contractions cardiaques, une pression minimum est observée dans les artères : plus précisément à la fin de la diastole cardiaque, c'est la pression diastolique. Elle est souvent considérée comme témoin de la résistance périphérique à la circulation du sang.

La différence arithmétique entre la pression systolique et la pression diastolique est appelée pression différentielle. Cette dernière fournit une "indication grossière de la force effective de pompage du coeur". Elle exprime d'autre part, l'état du réseau vasculaire.

De récents travaux (12) menés par deux groupes de chercheurs ont apporté de la lumière sur les intéressantes modifications de la pression artérielle, jusqu'à l'âge de 20 ans. Cependant bien que les avis soient convergents quant aux modifications observées, il demeure que les explications des manifestations diffèrent.

Le premier groupe soutient qu'une augmentation soudaine de la pression artérielle est observée à l'âge de 6 ans. Quant au second groupe, il indique que cette augmentation est régulière jusqu'à l'âge de 11 ans pour qu'une augmentation soudaine se produit.

De toute façon, cette mise au point, interpelle surtout l'attention des professeurs d'éducation physique, qui travaillent avec des enfants. Toute intervention physique chez l'enfant doit être soigneusement exécutée.

Des recherches effectuées dans ce domaine ont établi que chez des individus normaux, au repos et dans une ambiance normale, la pression systolique se situe entre 110 et 135 mmHg ; la pression diastolique entre 60 et 99 mmHg et la pression différentielle entre 30 et 55 mmHg. Ces pressions artérielles sont légèrement faibles chez les femmes que chez les hommes.

Notons également la manifestation particulière de la pression systolique, pendant les minutes qui précèdent immédiatement une épreuve. Ce phénomène est appelé "augmentation anticipée" de la pression artérielle (12).

Au cours de l'exercice musculaire, la pression artérielle systolique comme la pression artérielle moyenne s'élèvent. La pression systolique augmente avec la puissance et peut atteindre 16 ou 17 cmHg. Parfois, avec des exercices épuisants, elle peut atteindre 25 à 30 cmHg.

La pression artérielle diastolique quant à elle, ne subit que des faibles fluctuations. Elle peut baisser aux puissances élevées. Cette baisse possible de la pression diastolique est due à la vaso-dilatation générale qui entraîne une diminution des résistances périphériques.

Parlant de la pression artérielle différentielle au cours de l'exercice physique, CHAILEV et PLAS (6) ont pu affirmer que tant que la différentielle se maintient ou s'élargit, il n'y a pas de crainte. Mais aussitôt qu'elle diminue la fatigue doit être envisagée indépendamment des valeurs de la maxima et de la Minima.

#### 1.3.4. Régulation de la pression artérielle

Les parois des artérioles possèdent des muscles lisses disposés de façon circulaire autour des vaisseaux sanguins et sans lesquels il y aurait une permanente vaso-dilatation.

Leur action permet d'observer une vaso-constriction, diminuant ainsi le calibre du vaisseau. Cette dernière résulterait de l'innervation du nerf sympathique.

Cette activité sympathique encore appelée tonus sympathique prend naissance dans un groupe de cellules du bulbe dénommé centre vasomoteur (18).

Des organes sensitifs (barorécepteurs) situés dans la paroi des vaisseaux sanguins de la région du sinus carotidien, du tronc artériel brachio-céphalique et de la crosse aortique envoient l'information se rapportant à la pression, au centre vasomoteur sous la forme d'influx nerveux codés.

L'activité des barorécepteurs agit comme un "frein" à l'activité du centre vaso-moteur contribuant ainsi au maintien à un niveau constant, la pression artérielle. En plus des barorécepteurs, d'autres facteurs peuvent modifier l'activité du centre vasomoteur et faire varier la pression artérielle.

Parmi ces facteurs, nous retenons :

- l'action des centres supérieurs
- les émotions et les anxiétés
- le manque d'oxygène dans le sang artériel
- excès du gaz carbonique dans le sang artériel.

et enfin, de nombreux autres nerfs sensitifs dans l'organisme agissent sur le centre vasomoteur.

./...

#### 1.4. THERMOREGULATION

La vie n'est possible sur terre que si les espèces sont susceptibles, soit de suivre les fluctuations climatiques, soit de trouver des moyens pour s'affranchir de ces servitudes thermiques. Trop de chaleur peut dénaturer les molécules enzymatiques de nature protéique ; et trop de froid le ~~la~~ empêche de jouer leur rôle de bio catalyseur.

La chaleur nécessaire à l'activité enzymatique est relativement étroite et l'optimum loin d'être le même pour chacun des multiples enzymes.

Donc selon les espèces, des solutions doivent être trouvées. C'est de là que vont se distinguer deux grandes catégories d'espèces :

- la première est celle des invertébrés, espèces dites poïkilothermes (ou poecilotherme) se particularise par le fait que la température de la masse protoplasmique active n'est que très peu supérieure à celle de l'ambiance, mais aussi et surtout le fait qu'elle soit variable en suivant les fluctuations de la température ambiante.

- la seconde catégorie est celle des vertébrés, encore appelés homéothermes. Chez ces espèces, la température interne est constante en dépit des variations de la température extérieure.

L'homme appartient en fait à cette dernière catégorie. Cette stabilité de la température interne n'est pas le fruit d'un hasard, mais bien de systèmes de régulation assez complexes, que nous envisageons aborder dans ce chapitre.

### 1.4.1.- La température Centrale

#### a) Définition

La température centrale est par définition la température du cerveau et des cavités thoracique et abdominale. Au repos, elle est de l'ordre de 37°C. Elle est très peu variable et accuse parfois une légère augmentation pour atteindre 37,6°C, dans les après-midi, mais peut également retomber en dessous de la moyenne, jusqu'à 36,2°C ; c'est le cycle nyctéméral de la température (2). Cette homéothermie est réalisée grâce au concours de plusieurs éléments.

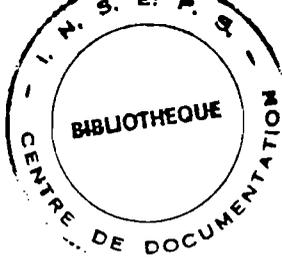
#### b)- Les variations physiologiques de la température centrale

En dehors de la fluctuation journalière dont nous venons de faire allusion, d'autres variations thermiques sont aussi observées. La première, qui est une légère élévation (+ 0,3 à 0,5°) s'observe chez la femme et correspond au cycle ovarien, plus précisément au moment de l'ovulation.

La deuxième élévation thermique, du reste passagère, est tributaire au travail musculaire. Ainsi à l'issue d'une partie physique (foot-ball) la température rectale peut atteindre 38° à 38,5°C. Cette élévation relative se justifie par une hyperactivité de la thermogénèse qui accompagne l'activité musculaire. Elle retombe à la normale quelques temps après l'exercice (11).

Enfin, le troisième cas est observé chez le nouveau-né, qui par immaturation du système nerveux, et imperfection de la fonction thermorégulatrice est souvent éprouvé par les fluctuations du milieu ambiant.

Rappelons cependant que parallèlement aux variations dites physiologiques, il existe des altérations de l'équilibre thermique dont la fièvre. Ces dernières sont d'ordre pathologique.



Hors mis ~~ces~~ cas particuliers, la température centrale est relativement stable grâce au concours de plusieurs facteurs.

#### 1.4.2.- Constance de la température centrale

La température centrale ne peut être stable que par un judicieux et permanent équilibrage entre les apports et les pertes de chaleur. C'est en d'autres termes, la réalisation de l'égalité entre la production et la déperdition de la chaleur.

##### a)- Les gains de chaleur

Au repos, le métabolisme organique, produit environ 70 K cal de chaleur par heure. D'où s'il n'y avait pas de perte de chaleur, la température du corps serait majorée de 1°C par heure et la mort surviendrait en quelques heures.

La chaleur peut également provenir d'un environnement chaud (soleil) ou station devant un foyer à haute température. La prise d'aliments peut aussi apporter de la chaleur.

Face à tous ces apports de chaleur, l'organisme humain dispose de quelques possibilités pour assurer son homéothermie.

##### b)- La déperdition de la chaleur

Les modalités de la déperdition calorifique sont nombreuses et très variées. Cependant les pertes principales se font à travers la peau par :

##### -Conduction :

Toute molécule ou objet en contact direct avec la surface du corps s'échauffe, constituant ainsi une perte de chaleur. Cependant, cette modalité de déperdition ne sera efficace que si d'une part, la température ambiante est inférieure à celle du corps et que d'autre part l'élément en contact, est un bon conducteur de chaleur comme le métal.

### - Convection

Contrairement à la conduction, la déperdition par convection est plus importante et plus efficace. Elle est aussi, plus facile à apprécier. La déperdition par convection procède par renouvellement du fluide ambiant échauffé par le contact avec la surface de la peau.

Il faut cependant noter que le sens du déplacement de la chaleur peut s'inverser si la température ambiante est supérieure à celle du corps.

### - Rayonnement : (R)

Cette modalité de déperdition calorifique confère à la peau du corps une caractéristique simulable à celle d'un infra-rouge. Ainsi, la peau irradie de la chaleur sous forme de rayonnements infrarouges qui chauffent tout objet solide rencontré (mur, sol, plafond, personne...). La quantité de chaleur perdue par rayonnement dépend en grande partie de la couleur des habits. A titre d'exemple retenons que le noir perd facilement, mais gagne vite la chaleur. (9)

Il faut cependant retenir que cette déperdition peut être compensée par la réception d'un rayonnement de même type et cela même si la température de l'ambiance est inférieure à celle du corps.

### - Déperdition par évaporation d'eau ( E )

Elle est une modalité très efficace et très fréquemment utilisée par l'organisme pour dégager la chaleur. Dans un environnement chaud, l'évaporation de l'eau à la surface de la peau constitue une solution efficace, de perdre la chaleur, par refroidissement. Mais si par contre cette sueur est abondante et ne fait que ruiseler le refroidissement par évaporation ne se reproduit pas. Cependant l'évaporation s'effectuant, fait perdre une kilocalorie par 2ml de sueur évaporés. (9)

L'état hygométrique de l'atmosphère peut favoriser ou réduire voire même empêcher la réalisation de cette modalité. Un air ambiant sec est plus favorable au refroidissement par évaporation qu'un air saturé de vapeur d'eau.

L'importance de ce moyen de déperdition calorique est rehaussée quand on sait qu'il est le seul (parmi les 3 précédents) dont l'efficacité soit conservée, lorsque la température du milieu ambiant est supérieure à celle des surfaces d'évaporation (12).

Il est important de noter que dans une telle condition, le corps gagne de la chaleur par conduction, convection et par radiation, mais n'en perd pas.

De ce fait, la sudation est non seulement un moyen de déperdition de chaleur produite par le métabolisme, mais aussi de chaleur apportée par les autres processus.

Notons avant de conclure ce volet que la respiration, les urines et les matières fécales constituent d'importants moyens de déperdition calorique.

Aussi peut-on penser que ces différents processus de déperdition maîtrisent bien la température centrale même à l'effort :

#### 1. 4. 3. - La température centrale au cours de l'activité musculaire

Comme nous l'avons noté antérieurement, l'hyperactivité qui accompagne l'activité physique, est à l'origine de l'élévation de la température centrale. Lors d'un travail intense, la température centrale peut s'élever jusqu'à 105°F et pendant une durée relativement courte. Selon DILL et ses collaborateurs (8) la température centrale s'élève au cours des premières minutes de manière régulière et en rapport avec l'intensité du travail. Puis si les conditions favorables à une bonne déperdition calorique sont réunies, elle

devient constante. Mais à défaut de cela, l'élévation persiste jusqu'à l'épuisement.

#### 1.4.4.- Régulation thermique

La température centrale est sous le contrôle de l'hypothalamus. De récents travaux effectués par un groupe de chercheurs (2) ont situé les centres nerveux régulateurs de la température centrale au niveau des faces antérieure et postérieure de l'hypothalamus.

Toujours selon ces chercheurs, deux processus principaux sont à retenir dans la fonction des centres régulateurs :

- "A heat-dissipating mechanism" dont le rôle serait de remédier aux pertes caloriques parfois accrues, dues à certaines surfaces corporelles (nez, bouche...) et à d'autres utilisations.
- "A heat-gaining mechanism", qui intervient toujours plus tard surtout quand la perte dépasse les variations normales.

Ainsi, la quantité de chaleur évacuée par la peau est déterminée par la température de la peau.

Lors d'une vasoconstriction consécutive à une stimulation du sympathique, le débit sanguin cutané baisse et par conséquent il y a moins de perte de chaleur.

Par contre après un bain chaud (ou en climat chaud) il y a dilatation des vaisseaux sanguins cutanés favorisant un débit sanguin cutané plus important devant conduire à une importante perte calorique.

Notons enfin que contrairement à la température du noyau central, la température cutanée n'est pas constante "elle est ajustée au mieux des intérêts de la régulation de la température du corps pris dans son ensemble" (9).

CHAPITRE II . -

MATERIEL ET METHODE

=====

## 2.1.- SUJETS

Notre échantillon est constitué de 28 élèves-professeurs du premier cycle (1<sup>è</sup> et 2<sup>è</sup> année) à l'Institut national supérieur de l'Education populaire et du Sport (I.N.S.E.P.S.). ils sont âgés de 22 à 27 ans (en moyenne 25, 5 ans). La majorité de notre population est constituée de sujets venus de l'intérieur du pays, où il fait généralement plus chaud qu'à Dakar. Ils ont toujours vécu dans ces régions, exposés en permanence à la température ambiante ; donc ils sont adaptés.

Tous les sujets sont soumis à un test médical très rigoureux avant leur inscription en première année à l'INSEPS. Ils sont donc, tous jugés aptes à exercer des activités physiques et sportives. Une mise en condition physique est effectuée avant chaque rentrée universitaire. Ils sont ensuite soumis à un travail physique dont le volume horaire est estimé à trois heures de temps par jour.

Les disciplines sportives pratiquées sont très variées. Parmi elles, on note :

- quatre sports collectifs : Foot-ball, Basket-ball, Hand-ball et volley-ball.
- trois sports individuels : Gymnastique, athlétisme, et natation.
- deux sports de combat : Judo et lutte.

En plus des trois heures mentionnées plus haut, ils font pour la plupart un sport de leur choix. La natation est suspendue pendant les périodes de froid.

Par ailleurs des tests de contrôle simples (Ruhier, Dickson, test de Flack) sont souvent réalisés par des professeurs pour contrôler l'état d'aptitude de ces sujets.

### Critères de sélection des sujets

Nous avons écarté de notre étude tout consommateur d'alcool, de même que tout fumeur dépassant dix cigarettes par jour. Ils étaient tous en bonne santé et ne présentaient aucun antécédent pathologique.

Leur alimentation était dans l'ensemble équilibrée. Elle était essentiellement à base des produits locaux : riz, poisson; viande, lait caillé, pain... etc.

Ils étaient soumis à la pratique physique pendant au moins 6 mois.

### 2.2. MATERIEL

Nous avons utilisé dans nos travaux le matériel suivant :

- une bicyclette ergométrique
- un rythmostat
- un tensiomètre à mercure
- et d'autres petits appareils qui seront cités plus loin.

#### a) - une bicyclette ergométrique

De type Monark, elle permet d'effectuer des expériences d'effort physique en laboratoire. Elle possède un pédalier et un volant d'inertie reliés par une chaîne. Sur le même volant est appliquée une sangle de tension réglable (frein DORELN) et reliée à un contre-poids.

Des marques numériques permettent de lire directement la charge de travail. L'instabilité (possibilité de dérivation du poids pendulaire exige un contrôle fréquent.

La puissance développée est fonction du produit de la force de freinage (F), exercée par la sangle de tension, par la distance parcourue (d). Cette dernière dépend du rayon de la roue et de la vitesse de rotation (pédalage).

b) - Le rythmostat :

c'est un petit appareil électronique utilisé pour le contrôle du rythme cardiaque. Alimenté par une pile, il permet, grâce à un système d'affichage de lire à tout moment le nombre de battement cardiaques.

De forme rectangulaire, il est constitué par :

- un boîtier relié par des fils de connection à trois électrodes
- une sangle en forme de soutien-gorge, qui permet son port autour de la poitrine.

Elle n'entrave en aucune manière le déroulement de l'exercice.

c) Le tensiomètre à mercure

C'est un appareil qui permet de mesurer la pression artérielle au repos comme en exercice musculaire (pédalage)

d) - Autres appareils

- un chronomètre : il permet de mesurer le temps effectif de travail (30 minutes)
- deux hygromètres : ils permettent de suivre la saturation en vapeur d'eau de l'atmosphère. Ils sont stationnés
- plusieurs thermomètres : ils servent à mesurer la température centrale au repos et après exercice.
- un balance : elle sert à la pesée des sujets

## 2.3.- PROTOCOLE

### 2.3.1.- Précautions

Nous avons demandé l'assistance d'un médecin pour la surveillance médicale des travaux.

Les jours des tests, les sujets étaient tenus de prendre leur repas trois (3) heures avant le début des mesures.

Tous les sujets se présentent trente minutes avant le début des travaux. Quinze minutes avant le démarrage du test, le sujet reste couché sur un lit.

Aucun cas d'anomalie n'a été observé chez tout l'ensemble des sujets. La température ambiante était rigoureusement surveillée.

### 2.3.2.- Méthodologie

Deux exercices analogues ont été effectués sur les mêmes sujets. La seule différence se situe au niveau de la température ambiante. Le premier enreg enregistrement a eu lieu au mois d'avril, alors que la température ambiante moyenne était de 21°C. Le deuxième s'est effectué au mois de juin, pendant que la température ambiante moyenne était de 28°C.

Les mesures commencent par l'enregistrement des valeurs de repos, des différents paramètres physiologiques à étudier.

Ainsi au bout de quinze minutes de repos, couché, la température centrale, la fréquence cardiaque, le poids et la pression artérielle étaient prélevés.

Aussitôt après, les sujets montaient sur la bicyclette avec le rythmostat autour de la poitrine et le brasard du tensiomètre autour du bras. Ils commençaient toujours par un libre pédalage d'échauffement d'environ 3 minutes. Ensuite, ils pédalaient de manière à

retrouver la puissance de travail qui était de 100 watts.

Cette puissance correspondait à une charge de 2 kg à raison de 50 tours/minute. Un tour complet de la roue équivaut à une distance de 3 m. Puisque chaque coup développe deux tours de roue, nous pouvons donc calculer la puissance du travail :

$$\begin{aligned} \text{Travail (W)} &= F \times L = 2 \text{ kg} \times 50 (2 \times 3) = 600 \text{ kgm} \\ \text{Puissance (P)} &= \frac{W}{t} = \frac{600 \text{ kgm}}{1 \text{ mn}} = \frac{600 \text{ kgm/mn}}{1 \text{ mn}} \\ &= 600 \text{ kgm/mn} = 100 \text{ watts} \end{aligned}$$

La fréquence cardiaque et la pression artérielle étaient prises dans la seconde moitié du temps effectif (phase stationnaire). La température centrale à la phase stationnaire, était mesurée, aussitôt à la descente de la bicyclette, au niveau du canal rectal. A ce moment on était sûr d'avoir des valeurs constantes de la température centrale, de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, car les sujets auraient atteint leur second souffle.

### 2.3.3.- Calcul de la pression artérielle moyenne

Elle est obtenue à partir des valeurs individuelles de la pression systolique et diastolique selon la formule :

$$\text{PA moyenne} : \text{PA diastolique} + 1/3 \text{ PA différentielle}$$

### 2.3.4.- Calcul statistique

La distribution de notre population, pour tous les paramètres suit une loi normale.

Pour ce fait, nous avons utilisé la moyenne et l'écart type comme méthode d'exploitation statistique de nos résultats. Nous avons utilisé le test de student qui fournit pour 26 degrés de liberté la valeur critique  $t_{0,01} : 0,486$

si  $t < 0,486$  la différence n'est pas significative  
si  $t \geq 0,486$  la différence est significative.

C H A P I T R E    I I I  
=====

R E S U L T A T S  
=====

### 3.1 PRESENTATION ET COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES

Nous allons dresser dans ce chapitre, les tableaux récapitulatifs des différents paramètres étudiés. Ensuite nous procéderons à la comparaison successive des valeurs de repos, de travail et des augmentations dues à l'exercice musculaire pour chaque grandeur étudiée, à 21° et 28°C de température ambiante.

#### Légende des sigles utilisés

$N$  = effectif total de la population étudiée  
 $\bar{X}$  = moyenne observée des valeurs obtenues  
 $\sigma'$  = Ecart type : représente la fluctuation des valeurs autour de la moyenne.

### 3.2.- Moyennes des différents paramètres

#### 3.2.1.- La température centrale :

Le tableau II donne les valeurs moyennes de la température centrale, au repos, à la fin de l'exercice musculaire et de son augmentation. Pendant le premier exercice, la température ambiante moyenne était de 21°C et à la deuxième elle était de 28°C.

#### 3.2.2.- La fréquence cardiaque

Nous avons rapporté au tableau III, les valeurs moyennes de la fréquence cardiaque, au repos et pendant l'exercice musculaire ; de même que celles de son augmentation.

Pendant l'exercice n°-1, la température ambiante était de 21°C.

Au deuxième exercice elle était de 28°C.

./...

### 3.2.3.- La pression artérielle différentielle

Au tableau IV sont représentées les valeurs moyennes de la pression artérielle différentielle, au repos et pendant l'exercice ; ainsi que celles de son augmentation.

La température ambiante moyenne était de 21°C lors du premier exercice et de 28°C au deuxième.

### 3.2.4.- La pression artérielle moyenne

Les valeurs moyennes de repos, celles prises à la phase stationnaire, celles de son augmentation sont recueillies au tableau V

Pendant le premier exercice, la température ambiante moyenne était de 21°C alors que lors du deuxième elle était de 28°C.

### 3.2.5.- La pression artérielle systolo-diastolique

Sur le tableau VI sont représentées deux grandeurs :

- la pression artérielle systolique
- la pression artérielle diastolique.

Nous y avons rapporté les valeurs moyennes de repos, celles de l'état stationnaire et celles des augmentations respectives

Lors du premier exercice, la température ambiante moyenne était de 21°C, tandis qu'au deuxième, elle était de 28°C.

Effectif	Age (ans)	Poids (Kg) Avant exer. n°1	Poids (Kg) Avant exer. n° 2
$n_i$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$
28	25,57	$\pm 8,809$	66,883 : $\pm 9,067$ : 67,101 : $\pm 9,142$

Tableau n° 1

Effectif, âge (ans) et poids<sup>(kg)</sup> des 28 élèves-professeurs de l'institut national supérieur de l'Education populaire et du Sport (INSEPS).

Le poids est mesuré à chaque fois, avant l'exercice musculaire.

Température centrale (°C) n = 28	Repos	Fin exercice	Augmentation
	$\bar{X}$ : $\sigma$	$\bar{X}$ : $\sigma$	$\bar{X}$ : $\sigma$
Exercice n° 1	:	:	:
Température ambiante moyenne 21°C	:	:	:
Hygrométrie moy. 67,5%	: 37,140 : ± 0,366	: 37,999 : ± 0,319	: 0,812 : ± 0,319
Exercice n° 2	:	:	:
Température ambiante moyenne 28°C	:	:	:
Hygrométrie moyenne 69%	: 37,440 : ± 0,187	: 38,072 : ± 0,319	: 0,709 : ± 0,246
Degré de signification	: p < 0,01	: P < 0,01	: N.S

Tableau n° 11

Moyennes ( $\bar{X}$ ) et écarts types ( $\sigma$ ) de la température centrale, au repos et à la fin de l'exercice musculaire et de son augmentation.

Exercice n° 1 : température ambiante moyenne 21°C  
hygrométrie moyenne 67,5%

Exercice n° 2 : température ambiante moyenne 28°C.  
hygrométrie moyenne 69%.

Au bas du tableau est mentionné le degré de signification.

Fréquence cardia- que (batt/min-1) n = 28	REPOS		PENDANT L'EXERCICE		Augmentation	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
Exercice n° 1						
Température ambian- te moyenne : 21°C	61,107	+ 6,893	135,071	+19,405	73,822	+19,646
Hygrométrie moyen- ne 67,5%						
Exercice n° 2						
Température ambian- te moyenne 28°C						
Hygrométrie 69%	66,107	+ 7,884	139,785	+22,596	73,500	+ 22,837
Degré de Signification	P < 0,01		P < 0,01		N.:S	

TABLEAU n° III

Moyennes ( $\bar{x}$ ) et écarts types ( $\sigma$ ) de la fréquence cardiaque et de son augmentation.

Exercice n° 1 : Température ambiante moyenne 21°C  
Hygrométrie moyenne 67,5 %

Exercice n° 2 : Température ambiante moyenne 28°C  
Hygrométrie moyenne 69%.

Au bas du tableau est mentionné le degré de signification.

Pression artérielle différentielle (CmHg) n° 28	REPOS	PENDANT L'EXERCICE	AUGMENTATION
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$ : $\sigma$
Exercice n° 1	:	:	:
Température ambiante moyenne 21°C	:	:	:
hygrométrie moyenne 67,5%	5,053 : <sup>+</sup>	1,144 : <sup>+</sup>	7,947 : <sup>+</sup> 2,225 : <sup>+</sup> 2,821 : <sup>+</sup> 2,446
Exercice n° 2	:	:	:
Température ambiante moyenne 28°C	:	:	:
Hygrométrie moyenne 69%	5,196 : <sup>+</sup>	1,345 : <sup>+</sup>	9,036 : <sup>+</sup> 2,945 : <sup>+</sup> 3,875 : <sup>+</sup> 2,842
Degré de signification	N. S	:	P < 0,01 : P < 0,01

Tableau n° IV

Moyennes ( $\bar{x}$ ) et écarts types ( $\sigma$ ) de la pression différentielle et de son augmentation.

Exercice n° 1 : Température ambiante moyenne 21°C  
Hygrométrie moyenne 67,5%

Exercice n° 2 : Température ambiante moyenne 28°C  
Hygrométrie moyenne 69%

Au bas du tableau est mentionné le degré de signification.

Pression artérielle moyenne (CmHg) n= 28	REPOS		Pendant l'exercice		Augmentation	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
Exercice n° 1						
Température ambiante moyenne 21°C						
Hygrométrie moyenne 67,5%	9,407	$\pm 1,092$	10,612	$\pm 1,045$	1,196	$\pm 1,219$
Exercice n° 2						
Température ambiante moyenne 28°C						
Hygrométrie moyenne 69%	9,053	$\pm 1,008$	10,238	$\pm 1,201$	2,183	$\pm 1,083$
Degré de signification	N.S		N.S		P < 0,01	

TABEAU n° V

Moyennes ( $\bar{x}$ ) et écarts types ( $\sigma$ ) de la pression artérielle moyenne et son augmentation.

Exercice n° 1 : Température ambiante moyenne 21°C  
Hygrométrie moyenne 67,5%

Exercice n° 2 : Température ambiante moyenne 28°C  
Hygrométrie moyenne 69%

Au bas du tableau est mentionné le degré de signification.

Pression artérielle systolo-diastolique (en CmHg) n = 28	Pression artérielle systolique en (CmHg)						Pression artérielle diastolique en (CmHg)					
	Repos		Pendant l'exercice		Augmentation		Repos		Pendant l'exercice		Augmentation	
	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$	$\bar{X}$	$\sigma$
Exercice n° 1												
Température ambiante moyenne 21°C												
Hygrométrie moyenne 67,5%	12,785	+ 1,270	15,875	+ 1,830	2,033	+ 2,033	7,732	+ 1,004	7,964	+1,245	0,446	+1,311
Exercice n° 2												
Température ambiante moyenne 28°C												
Hygrométrie moyenne 69%	12,517	+ 1,242	16,357	+2,635	3,875	+ 2,212	7,321	+ 0,888	7,214	+1,113	0,107	+1,3
Degré de Signification	N. S		P < 0,01		P < 0,01		N.S.		N.S		N.S	

TABEAU N° VI

Moyenne ( $\bar{X}$ ) et écarts types ( $\sigma$ ) de la pression artérielle systolique, de la pression artérielle diastolique et de leurs augmentations respectives.

Exercice n° 1 : Température ambiante moyenne 21°C : Hygrométrie moyenne 67,5%

Exercice n° 2 : Température ambiante moyenne 28°C : Hygrométrie moyenne 69%

Au bas du tableau est mentionné le degré de signification.

Poids en Kg	Avant exercice n° 2		Après Exercice n° 2		Augmentation	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
n = 17	66,161	$\pm 9,142$	65,600	$\pm 9,192$	0,553	$\pm 0,050$

TABLEAU N° VII

Estimation du débit sudoral moyen avant et après l'exercice musculaire (n° 2) effectuée à une température ambiante moyenne de 28°C et à un degré d'humidité moyen de 69% (moyenne, et écart type).

### 3.3.-COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS LORS DES DEUX EXERCICES

#### 3.3.1.- Comparaison des valeurs de repos

Deux paramètres seulement, présentaient une différence significative. Il s'agit de la température centrale, et de la fréquence cardiaque.

##### La température centrale de repos (T.C)

La température centrale prélevée pendant le deuxième exercice (37,440°C) était significativement plus élevée que celle du premier exercice (37,140°C).

En moyenne, la température ambiante était de 21°C pendant la première expérience et de 28°C lors de la seconde.

Les autres paramètres tels que la pression artérielle systolique, la pression artérielle diastolique, la pression artérielle différentielle et la pression artérielle moyenne, ne présentent aucune différence significative.

##### La fréquence cardiaque de repos (F.C)

Elle était significativement plus élevée pendant le second exercice (66,107 batt/mn), quand la température ambiante moyenne était de 28°C que lors du premier exercice (61,107 batt/mn) quand elle était de 21°C.

#### 3.3.2.- Comparaison des valeurs recueillies à l'état stationnaire

A l'exercice musculaire, la fréquence cardiaque la pression artérielle systolique et la pression artérielle différentielle présentent chacune une différence significative. La température ambiante moyenne était respectivement de 21°C pendant le premier exercice et de 28°C au deuxième.

### La fréquence cardiaque

Une différence significative est notée entre la fréquence cardiaque du premier (135,071 batt/mn) et celle de du deuxième exercice (139,785 batt/mn).

### La pression artérielle systolique (PAS)

La valeur mesurée lors du second exercice (16,357cmHg) est significativement supérieure à celle du premier exercice (15,875 cmHg). La différence était significative.

### La pression artérielle différentielle

La pression artérielle différentielle à l'état stationnaire avait une valeur moyenne (9,036cmHg) significativement plus élevée lors du deuxième exercice que pendant le premier (7,947cmHg).

### La température centrale

La valeur mesurée à la fin du second exercice (38,072°C) est plus élevée que celle obtenue après le premier exercice (37,999°C). La différence était significative.

A l'état stationnaire, la pression artérielle diastolique et la pression artérielle moyenne ne présentent aucune différence significative.

### 3.3.3.- Comparaison des valeurs des augmentations

Tout naturellement, l'exercice musculaire a entraîné des modifications de fonctionnement chez nos paramètres étudiés. Ainsi, presque toutes nos grandeurs étudiées ont connu une augmentation entre la valeur de repos et celle d'effort.

La seule ayant observé une baisse pendant le second exercice est la pression artérielle diastolique.

Les différences ayant été calculées individuellement nous ont permis d'obtenir des valeurs moyennes dans chacune des deux périodes d'expérience. Puis par le test "t" nous avons procédé à une étude comparative des différentes valeurs moyennes, de chaque paramètre. Cette comparaison donne les résultats suivants :

- la pression artérielle systolique :

Elle a connu une augmentation plus grande (3,875 cmHg) au deuxième exercice (température ambiante moyenne 28°C) que lors du premier (température ambiante moyenne 21°C).

La différence était significative.

- la pression artérielle différentielle

L'augmentation de la pression artérielle différentielle présente deux valeurs significativement différentes. Celle enregistrée lors du second exercice est plus grande que celle relevée lors du premier. Ces valeurs étaient respectivement 3,875 cmHg et 2,821 cmHg.

- la pression artérielle moyenne

La valeur moyenne de son augmentation pendant la première expérience était de 1,196 cmHg. Elle était donc inférieure à celle mesurée lors du deuxième exercice (2,183 cmHg).

La différence était significative.

. / ...

. / ...

Notons au passage que les valeurs moyennes des augmentations de la fréquence cardiaque, de la température centrale et de la pression artérielle diastolique à la phase stationnaire ne donnent aucune différence significative. Leurs valeurs respectives sont pratiquement du même ordre pour les deux exercices (à 21°C et à 28°C)

Le seul fait à noter est peut-être la baisse de la pression artérielle, à l'effort, observée lors du deuxième exercice (28°C).  
diastolique

C H A P I T R E     I V

=====

COMMENTAIRE    E T    D I S C U S S I O N   D E S   R E S U L T A T S

=====

EFFETS DE LA TEMPERATURE AMBIANTE SUR LES  
DIFFERENTS PARAMETRES ETUDIES

*Les paramètres suivants : la pression artérielle systolique, la pression artérielle diastolique, la pression artérielle différentielle, et la pression artérielle moyenne, mesurés au repos, n'ont pas connu de différence significative, entre le premier et le deuxième exercice ; lorsque la température ambiante s'élevait.*

*Nous ne les discuterons pas. Nous nous contenterons simplement d'expliquer les modifications significatives.*

Plusieurs études ont eu à expliquer les rapports qui existent entre la température ambiante et la température centrale, la fréquence cardiaque et la pression artérielle (O.G.E. DHOLM, Fox GOLDS MITH, HAMPTON et AL en 1964).

Il faut cependant remarquer que ces travaux sont généralement effectués en milieu tempéré. De ce fait des incertitudes demeurent encore en milieu tropical.

Y-a-t-il réellement influence de la chaleur sur ces différents paramètres, chez des sujets nés et vivant en permanence en climat tropical ? Si oui, comment peut-on l'expliquer ? C'est ce que nous nous proposons de voir dans ce chapitre.

#### 4.1.- L'influence de l'élévation de la température ambiante sur les valeurs de repos

##### 4.1.1.- Température centrale de repos

La valeur de la température centrale de repos, mesurée à la température ambiante moyenne de 28°C est supérieure à celle obtenue à la température ambiante moyenne de 21°C. Elles sont respectivement de 37,440°C et de 37,140°C. La différence est significative.

Ceci n'est pas en accord avec la conception classique qui soutient que la température centrale est constante quelle que soit la température ambiante (Nielson 1938).

A quoi peut-on donc attribuer cette élévation thermique ? Peut-on incriminer le rythme nyctéméral ? Non, car nous en avons bien tenu compte : toutes les mesures ont été réalisées dans l'après-midi ; donc au même moment de la journée. L'évaporation sudorale était efficace car l'humidité relative était inférieure à 70%.

Il apparaît donc que le seul facteur à l'origine de cette élévation thermique est la température ambiante. Cet effet de la température ambiante sur la température centrale s'explique par le fait que la température ambiante élevée au dessus de la température de confort (21°C) constitue une charge thermique externe qui augmente le gain de chaleur. Il s'en suit un déséquilibre qui augmente la température centrale. Ce fait a d'ailleurs déjà été décrit par de nombreux travaux dont de tout récents (22) qui affirment que "lorsqu'un sujet nu au repos est exposé à la chaleur, (c'est-à-dire à une température ambiante supérieure à 28°C), la quantité de chaleur présente dans l'organisme tend à augmenter".

#### 4.1.2.- Fréquence cardiaque de repos

Nous constatons que la valeur de repos de la fréquence cardiaque lors du second exercice (66,107 batt/mn) est significativement supérieure à celle mesurée lors du premier exercice (61,107batt/min

Ces deux valeurs de la fréquence cardiaque au repos sont relativement basses par rapport à celles recueillies habituellement chez des sédentaires (70-80 batt.min-1). Cette baisse est due à la pratique soutenue et répétée des activités physiques et sportives, qui serait alors à l'origine du renforcement du tonus vagal. C'est ce que confirment de nombreux travaux (12) selon lesquels : "le sport nécessitant une amélioration des conditions de transport d'oxygène, ralentit le coeur au repos en renforçant le tonus vagal".

Quant à l'élévation significative de la valeur moyenne avant le second exercice (66,107 batt.min-1), elle est due à l'action de la température ambiante montante.

En effet, l'on sait que l'élévation de la température ambiante nécessite une augmentation du débit qui assure de ce fait, une plus grande répartition du sang vers les tissus cutanés permettant ainsi une meilleure sudation.

#### 4.2.- L'influence de la température ambiante sur les différents paramètres à l'effort

##### 4.2.1.- Température centrale à la phase stationnaire de l'exercice musculaire

La température centrale mesurée immédiatement à l'arrêt de l'exercice musculaire lorsque la température ambiante moyenne était de 28°C est légèrement plus grande que celle mesurée à 21°C (38,072°C contre 37,999°C). La différence (0,073°C) est statistiquement significative. C'est donc une suite logique quand on sait que déjà au repos, la différence des valeurs obtenues était significative.

Nous constatons une importante augmentation de la température centrale à la phase stationnaire. Cette augmentation est bien connue et a fait l'objet de nombreuses publications (12). La température centrale s'élève au cours de l'exercice musculaire, en fonction de la durée et de l'intensité du travail. Ce fait est décrit depuis 1907 avec Hill et Flack (23) puis en 1910 avec LINDHARD (21). Ces chercheurs révélèrent que l'exercice musculaire produisait lui-même une élévation de la température centrale. D'autres travaux plus récents (12) CHRISTENSEN, NIELSEN et encore BERGGREN et CHRISTENSEN l'ont confirmé en précisant que "la température de l'organisme s'élève lors de l'exercice et cette élévation peut être interprétée comme le résultat d'une régulation active". Par ailleurs selon BERNARD METZ (19) pendant l'exercice musculaire, seule une fraction de la dépense énergétique se transforme en énergie mécanique, qui est libérée à l'extérieur de l'organisme ; l'autre fraction constitue une production de chaleur métabolique à l'intérieur du corps.

Cependant si on compare les augmentations de la température centrale induites par l'exercice musculaire, à 21°C et à 28°C de température ambiante, l'on constate qu'elles sont du même ordre (respectivement 0,812°C et 0,709°C), et que la différence n'est pas significative.

En conclusion, nous pouvons affirmer que l'élévation de la température ambiante n'a aucune influence sur les modifications de la température centrale au cours de l'exercice musculaire.

Cette constatation est en conformité avec les résultats de Nielsen (7) selon lesquels " la température rectale monte pendant l'exercice jusqu'à un niveau constant ; elle dépend de l'intensité du travail et non de la température ambiante et de l'humidité de l'air en mouvement".

Cependant, comme nous l'avons déjà mentionné antérieurement, il ne faut pas perdre de vue que l'ensemble de ces travaux ont été effectués dans des laboratoires avec des conditions d'adaptation artificielles.

#### 4.2.2. Fréquence cardiaque à la phase stationnaire de l'exercice musculaire

Des valeurs élevées de la fréquence cardiaque ont été obtenues à la phase stationnaire de l'exercice musculaire au niveau des deux températures ambiantes (21°C et 28°C). La différence (4 batt. min<sup>-1</sup>) est statistiquement significative. Ce n'est pas surprenant, car déjà au repos, la valeur à 28°C de température ambiante était significativement supérieure à celle obtenue à 21°C. L'accélération du rythme cardiaque au cours de l'exercice musculaire n'est pas un fait nouveau. Elle est fonction du niveau d'entraînement et de l'intensité de l'exercice. Guillet et Génety (10) ont noté une augmentation progressive de la fréquence cardiaque, d'autant plus nette que le sujet était moins entraîné. Ces mêmes auteurs ont précisé que dans certaines mesures, la fréquence cardiaque pouvait évoluer de façon linéaire avec l'intensité de l'exercice. L'accélération de la fréquence cardiaque a pour but d'augmenter le débit cardiaque afin d'assurer aux muscles en activité, non seulement un meilleur apport en oxygène, mais aussi une évacuation efficace des déchets du métabolisme. A cet effet, le coeur du sportif répond plus convenablement, du fait de ses qualités physiologiques (coeur gros, volumineux et sthénique), que celui du sédentaire. Ceci explique en partie le fait

que le sédentaire cède plus vite à la fatigue que le sportif bien entraîné.

La comparaison des augmentations de la fréquence cardiaque dues à l'exercice musculaire à 21°C et à 28°C de température ambiante ne montre pas de différence significative.

Il ressort de ce résultat que la température ambiante plus élevée (28°C), n'exerce aucune influence significative sur l'évolution de la fréquence cardiaque au cours de l'exercice musculaire.

Nos résultats sont en désaccord avec ceux d'autres auteurs (12) qui prétendent qu'indépendamment de l'intensité du travail, une accélération du rythme cardiaque est observée quand la température ambiante augmente.

#### 4.2.3.- Pression artérielle à la phase stationnaire de l'exercice musculaire

##### .a/- Pression artérielle systolique

Comme la température centrale et la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique a connu une nette élévation au cours de l'exercice musculaire. Cette augmentation des valeurs à la phase stationnaire était prévisible. Elle est fonction des besoins métaboliques et du siège de l'exercice musculaire. Elle est plus marquée si l'exercice intéresse les membres supérieurs. Elle est aussi fonction du type d'exercice. L'exercice isométrique fournit des valeurs plus importantes.

Notre analyse est donc en conformité avec l'étude de Karpovich P.V. et SINNING W.E. (12) qui annonce que "la pression artérielle systolique augmente avec l'accélération du pouls, à la fois chez les athlètes et les non athlètes".

Les deux valeurs moyennes à 21°C et à 28°C de température ambiante sont normales. La différence entre l'augmentation de la pression artérielle systolique à 21°C et à 28°C est significative. Cela conduit à dire que, l'augmentation de la température ambiante de 21°C à 28°C a entraîné au cours de l'exercice musculaire une élévation significative de la pression artérielle systolique. Ce fait n'est pas étrange. Il s'explique par un débit sanguin plus important à l'exercice musculaire et par la nécessité d'une meilleure déperdition calorifique (sudation).

Nous pouvons alors, dire en résumé que l'élévation de la température ambiante influe sur la pression artérielle systolique à la phase stationnaire en l'augmentant. Cependant, il convient de remarquer que cette influence engendre une heureuse incidence sur l'organisme en lui créant les conditions d'une meilleure adaptation aux exigences de l'exercice physique.

#### .b/- Pressions artérielles diastolique et moyenne

En ce qui concerne la pression artérielle diastolique il faut retenir que d'une manière générale, elle baisse à l'exercice musculaire témoin d'une vasodilatation et d'une chute de la résistance périphérique. C'est ce qu'ont établi CARLSTEN A. and GRIMBY G(1) en écrivant : "Au cours de l'exercice se produit une décroissance marquée de la résistance périphérique en raison d'une vaso-dilatation. Les artérioles des muscles en activité s'ouvrent librement dans le lit capillaire en amenant une diminution de la résistance périphérique."

Mais dans le cas précis de notre étude, aucune différence significative n'a été engendrée par l'élévation de la température ambiante.

Quant à la pression artérielle moyenne, elle a légèrement augmenté à la phase stationnaire de l'exercice musculaire. Cependant, la différence des deux valeurs moyennes de travail à 21°C et à 28°C de température ambiante (respectivement 10,612 cmHg et 10,238 cmHg) n'est pas significative. C'est une logique qui est partie des valeurs de repos (différence non significative). D'ailleurs la pression artérielle moyenne n'est influencée que par l'âge

Cependant, nous constatons que les augmentations engendrées par l'exercice musculaire à 21°C et à 28°C de température ambiante ont une différence significative. D'où nous pouvons avancer en conclusion, que la température ambiante a comme l'âge, une action sur la pression artérielle moyenne.

#### .E/ Pression artérielle différentielle

A la phase stationnaire, les valeurs atteintes par la pression artérielle différentielle à 21°C, comme à 28°C sont largement supérieures à celles de repos. Ce fait est aisément compréhensible ; car avec une pression artérielle systolique montante et une diastolique en baisse (pendant l'exercice musculaire), il est évident que la pression artérielle différentielle sera de plus en plus importante. Cet effet est donc dû à l'exercice musculaire (2) "La pression artérielle est toujours augmentée au cours de l'effort physique. Son élargissement traduit une augmentation des surfaces du réseau capillaire permettant une vascularisation musculaire améliorée sans encombrement de la circulation artérielle".

Au niveau des augmentations des valeurs moyennes, nous constatons que celle enregistrée à 28°C est nettement supérieure à celle prélevée à 21°C. - La différence est significative.

Il ressort des résultats obtenus que la température ambiante influe sur les modifications de la pression artérielle différentielle à l'exercice musculaire.

En conclusion il est donc permis de dire que la température ambiante, en devenant plus chaude, exerce au niveau de la pression artérielle différentielle à la phase stationnaire de l'exercice musculaire, une heureuse influence - car l'élargissement qu'elle entraîne en s'élevant n'est que l'expression d'une meilleure adaptation vasculaire.

R E S U M E       E T       C O N C L U S I O N

=====

La température centrale, la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolo-diastolique, la pression artérielle différentielle et la pression artérielle moyenne ont été mesurées chez 28 élèves-professeurs d'éducation physique et sportive (1er cycle).

Les mesures ont été effectuées au repos et après exercice musculaire sur bicyclette ergométrique à deux températures ambiantes différentes. Le premier exercice a eu lieu à une température ambiante moyenne de 21°C; tandis que le deuxième a eu lieu à une température ambiante moyenne de 28°C.

Dans les deux cas, l'humidité relative était inférieure à 70% ; ce qui permettait une sudation et une évaporation correctes.

Il ressort des résultats que :

- pour les valeurs de repos, la température centrale et la fréquence cardiaque sont significativement différentes. Elles sont donc influencées par l'augmentation de la température ambiante.

- pour les valeurs au cours de l'exercice musculaire, tous les paramètres étudiés ont connue une augmentation significative sauf la pression artérielle diastolique et la pression artérielle moyenne. Cependant ces modifications sont essentiellement dues à l'exercice musculaire. Elles ne sont pas majorées par la température ambiante plus élevée. Certains paramètres comme la température centrale, la fréquence cardiaque et la pression artérielle systolique sont plus élevés en climat chaud qu'en climat tempéré (effet dû à la température ambiante plus élevée). Mais l'élévation de la température ambiante n'a aucune influence significative sur les augmentations de la température centrale, de la fréquence cardiaque et sur la baisse de la pression artérielle diastolique, induites par l'exercice musculaire.

On note par contre une influence significative de l'élévation de la température ambiante sur les augmentations de la pression artérielle systolique, de la pression artérielle différentielle et de la pression artérielle moyenne.

On peut donc conclure d'une manière générale que malgré tout, les sujets nés et résidant en permanence en climat chaud ont une bonne adaptation de leurs appareils thermorégulateur et cardiovasculaire, lors de l'exercice musculaire lorsque la température ambiante monte.

En outre, les augmentations induites par l'exercice musculaire ne présentent aucun risque pour nos sujets quand la température ambiante s'élève, parce qu'ils sont adaptés à la chaleur.

Cependant, il y a des risques pour les sportifs non adaptés, car une sudation importante peut entraîner une perte d'eau et de sels (NaCl) qui, mal compensée crée des troubles hydro-électrolytiques, source des crampes répétées au cours de la pratique. Une autre complication menace encore les non-adaptés ; c'est l'hyperthermie maligne d'effort, due à une défaillance de la thermorégulation et la température centrale monte jusqu'à 42°C. De pareilles conséquences font que de nos jours le sport ne se conçoit plus sans la médecine.

Enfin pendant le deuxième exercice, nous avons eu à mesurer la perte de poids liée à la sudation lors du travail musculaire (tableau VII). - Nous aimerions continuer ce travail pour apprécier la déperdition hydroélectrique liée à l'exercice musculaire en climat chaud (40°C), ou à une température ambiante plus basse (15°C). Aussi serait-il intéressant dans un travail ultérieur, d'étudier les effets de l'augmentation de la température ambiante sur les valeurs maximales de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle.

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



1.- ALAM M. and SMIRK F.H.

Observations in man pulse accelerating reflex from voluntary muscles of legs.

J. physiol 92, 1938 p. 100 - 105

2.- ANTHONY and THIBODEAU

Métabolisme in "Anatomy and physiology"

TENTH Edition 1979 - p. 506 - 537

3.- ASTRAND P.O. et PODHAL

Fréquence cardiaque in "Manuel de Physiologie de l'exercice musculaire"

Masson et Cie - Paris 1973 p. 82-86

4.- AVOUAC B.

Le débit cardiaque et ses facteurs d'adaptation et la pression artérielle, ses facteurs, sa régulation in

"Internat-biologie" 3

Editions médicales "Heures de France" Paris 75011  
p. 29 - 42, 43 - 54.

5.- BOWEN W.P.

Changes in heart-rate blood pressure and duration of systole resulting from bicycling.

Amer. J. physiol 11 1904 p. 52 - 56

6.- CHAILEY-BERT P. et PLAS F.

La pression artérielle in "Physiologie des activités physiques" - J.B. Baillièrre et fils, Paris 1962 p.92-

7.- COTTON F.S. and DILL D.R.

*On the relation between the heat-rate during exercise  
and that of immediate post-exercise period*

*Amer J. physiol* 111, 1935, P.422 - 427

8. DILL D.B. EDWARDS H.T. BAUER P.S. and LEVENSON E.J

*Physical performance in relation to external temperature*  
*Arbeits physiol* 4 1931 p. 409-414

9. GREEN J.H.

*Pression sanguine, débit cardiaque et thermorégulation in*  
*"A.B.C. de physiologie clinique"*

*Masson et Cie Editeurs Paris VI 1974 p. 24-38, 40-45,  
114-116.*

10.- GUILLET R. GENETY J.

*La fréquence cardiaque in "Abrégé de médecine du sports"*  
*Masson et Cie 1975 p. 55 - 56.*

11.- HERMAN H. et CIER J.F.

*Physiologie de la régulation thermique in "Précis de  
physiologie" 2<sup>e</sup> Edition - Masson Paris NEW-YORK BARCELONE  
MILAN 1976 p. 445 - 500.*

12.- KARPOVICH P.V. SINNING M.E.

*La circulation du sang et le coeur, le rythme cardiaque  
et Pression du sang dans les artères et les veines in "Physiolo-  
gie de l'activité musculaire"*

*VIGOT Frères Editeur Paris VI<sup>e</sup> 1982 p.265-282, 285-30  
309-324.*

13.- LANDRY O.

*Pression artérielle in "Physiologie de l'effort"*  
Editeur officiel Québec p. 320 - 328

14.- NADEAU M. / PERONNET et COLL

*Hypertension artérielle et activité physique in*  
*"Physiologie appliquée à l'activité physique"*  
VIGOT Edition Paris 1980 p. 151 - 159

15.- PARLEBAS P.

*Sport in "Contribution à un lexique commentée en*  
*science de l'action motrice*  
Publication I.N.S.E.P. Paris 7502 1981 p 237 - 239.

16.- ROUGEMON A. PENE L.J.P. BOURGEADE, BARABE P.

*Hypertension artérielle in "Santé et médecine en*  
*Afrique tropicale" Tome 2 Doin Editeur - Paris*  
p. 364 - 366.

17.- SCHNEIDER E.C. and TRUESDELL D.

*A statistical study of the pulse rate and the arteria*  
*blood pressures in Recumbency standing and after*  
*standard exercise Amer J. Physiol* 61 1928 p.305-321

18.- VANDER A.J. SHERMAN J.H. LUCIANO D.S.

*Débit cardiaque à l'effort in "Physiologie humaine"*  
M.C. CRAW-HILL Editeurs Montréal p. 511 - 520.

---

REVUES ET MEMOIRES

19.- BERNARD METZ et CENTRE D'ETUDE BIOCLIMATIQUE du C.N.R.S.

*Adaptation cardio-vasculaire et thermorégulation au cours*  
*de l'exercice musculaire p.10 - 11.*

20.- CISSE F.

Modifications cardiaque et respiratoire pendant l'exercice musculaire

Laboratoire de physiologie (Université de Dakar) 1979  
p; 11 - 14.

21.- CAMARA L.

Contribution à l'étude de la fréquence cardiaque au repos et à l'effort en climat tropical.

Mémoire de maîtrise Es Staps (I.N.S.E.P.S.) 1985 p. 3 -15

22.- EDHOLM O.G. Fox and WOLF H.S.

Body temperature during exercise and ~~rest~~ in cold and hot climates - Arch Sci physiol 27 1973 p. 339 - 355.

23.- ERLING A. and OVE B.

Body temperature and Capacity of work

Laboratory for the theory of gymnastics (University of Copenhagen) 1945 p. 1 - 2

24.- MBAYE M.

Les aspects sanitaires de la pratique des activités physiques et sportives

Mémoire de maîtrise ES-STAPS (I.N.S.E.P.S.-DAKAR)  
1984 p. 615.