

République du Sénégal
Ministère de l'Education Nationale

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

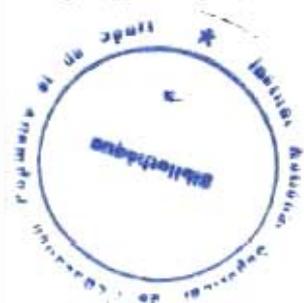
Institut National Supérieur d'Education Populaire et du Sport
(I.N.S.E.P.S)



**PUISSANCE MAXIMALE AEROBIE ET
ADAPTATION DE L'ORGANISME LORS D'UN
EFFORT PHYSIQUE D'INTENSITE
MAXIMALE PROGRESSIVE PENDANT LE
JEUNE DU RAMADAN**

Mémoire

Présenté et soutenu publiquement par : Mlle Seynabou Elisabeth Louise NDONG
Sous la direction du Professeur Lamine GUEYE agrégé en physiologie



Année : 2002

DEDICACES

♣ *Au nom d'Allah le clément, le miséricordieux et son prophète
Mohamed (PSL)*

♣ *A mes très Chers parents*

Que serais-je devenue sans vous ? Votre affection ? votre tendresse ? Je prie Allah qu'il vous accorde longue vie et que vous puissiez guider d'avantage nos pas.

Je vous dédie ce travail

♣ *A mes très chers frères et sœurs*

Je ne pourrais jamais leur remercier pour leur amour, leur affection et surtout leur soutien constant. Je vous dédie ce travail qui est aussi le vôtre.

♣ *A ma très chère tante Matel et tonton Abdoulaye Mbaye.*

Des paroles ne suffiront pas pour vous remercier, je sais ! pour votre aide, votre abri, votre accueil dès mon arrivée à Dakar. Ce travail est aussi le vôtre.

♣ *A mon très grand ami Khadime Babou*

Je ne pourrais pas présenter ce travail sans te citer, pour ton apport constant et ta disponibilité. Sincère affection

♣ *A mon beau-frère et ami Hamet Sidy Bâ*

Heureuses pensées

♣ *A mon père Moustapha Ndong et toute sa famille*

Toute mon affection et ma tendresse. Que Dieu le tout puissant vous protège.

♣ *A Célestin Dapina*

Qui n'a ménagé aucun effort pour la confection de ce document. Longue vie à toi.

♣ A toute la section Hand Ball du D.U.C.

Vous qui êtes ma seconde famille, je ne pourrais vous remercier assez.

Mention spéciale à : Aziz Sall, Elimane Samb, Babacar Faye, Pape Ibnou Sarr, Ismael Diop, Casimir Coly, Raymond Ndiaye, Soukèye Ndiaye, Khoudia Seck, Fambaye Lô, Adja Astou Faye, Rosa Faye, Astou Traoré.

♣ A toutes les filles de l'I.N.S.E.P.S.

Je vous dédie ce travail, particulièrement à Amina Dramé, Madeleine Diallo, Sowdiatyou Tabane, Ndèye Rama Bâ, Khady Diédiou, Mama Mbissine Gueuye, Ndeye laobé Dieng, Maïmouna Ndour, Eveline Diatta.

♣ A mes frères et amis : Adama Sarr, Moustapha Diop, Louis Henry Senghor, Louis M. Ndiaye, Bamba Cissé, Joseph F. Diène, Moustapha Ciss, Patrick Diompy, Ndarao Mbengue.

Mes sentiments sincères.

♣ A tous mes amis et amies

Que je pourrais nommer de peur d'oublier mais qui je sais sauront se reconnaître.

REMERCIEMENTS

Ceci est pour moi l'occasion d'exprimer toute ma gratitude à tous ceux qui ; de près ou de loin par leur disponibilité et leur conseil, m'ont apporté leur soutien dans ce travail.

Mes remerciements vont tout particulièrement à :

♣ *Mon Directeur de Mémoire*

Monsieur le professeur Lamine Gueye

Vous nous avez honoré en acceptant de rédiger ce mémoire avec la plus grande attention et la plus grande disponibilité.

Nous avons bénéficié d'un encadrement sans faille et d'une rigueur constante dans l'élaboration de ce travail.

Veuillez trouver ici l'expression de notre vive reconnaissance et de notre profond respect.

♣ Aux professeurs Djiby Seck et Ousmane Sané

Pour leur collaboration dans la confection de ce document.

♣ Tous les professeurs de l'I.N.S.E.P.S.

Pour leur contribution sans limite à notre formation de qualité. Qu'Allah vous accorde longue vie et une santé de fer.

*♣ Notre infirmier Mbargou Faye et le Docteur Helena Marième
Diamé,*

Merci pour votre soutien.

*♣ Mention spéciale aux étudiants de 1^{ère} et 2^{ème} pour leur soutien
constant lors de mon expérimentation. Merci à vous !*

♣ Badara Seck

Pour ta disponibilité et ton apport constant, que le Tout Puissant te protège.

♣ *Nos bibliothécaires :*

Anastasia et Grégoire pour leur disponibilité à nous servir. Que vos efforts soient récompensés.

♣ *L'administration de l'I.N.S.E.P.S.*

♣ *Tout le personnel de l'I.N.S.E.P.S.*

♣ *A tous les étudiants de l'I.N.S.E.P.S.*

Pour les bons moments passés au Campus Universitaires bonne réussite à tous.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION.....	1
RAPPELS	
A/Métabolisme du glucose.....	4
1/ Apport des glucides.....	4
2/ Rôles des glucides.....	5
3/ Stockage.....	6
4/ Métabolisme et régulation du glucose.....	6
a/ Dégradation et régulation.....	6
b/ Synthèse du glucose en glycogène.....	7
* Glycogénogenèse.....	8
* Glycogenèse.....	8
* Néoglucogenèse.....	8
B/Puissance maximale aérobie.....	9
1/ La consommation maximale d'oxygène.....	9
2/ Le VO ₂ max. et la performance.....	10
REVUE LITTERATURE	
A/ Influence du jeûne sur le métabolisme glucidique et lipidique sur les performances physiques.....	12
B/ Altérations de la performance musculaire et de la stature prolongée durant le ramadan.....	15
TRAVAIL PERSONNEL	
I Matériels et méthodes.....	16
A / Matériels.....	16
1/Population étudiée.....	16
2/Lieu.....	17

3-Matériel.....	17
B/Méthode.....	19
- Protocole.....	19
II- Résultats et commentaires.....	23
A/Modifications de la fréquence cardiaque.....	23
1/Modifications de la fréquence cardiaque en période d'alimentation normale.....	23
2/Modifications de la fréquence cardiaque à jeun.....	26
3/Comparaison des fréquences cardiaque à jeun et en période d'alimentation normale.....	30
4/Comparaison des puissances maximales de pédalage durant les deux périodes d'étude.....	32
B-Variations de la pression artérielle.....	33
1/Variations de la pression artérielle en période d'alimentation normale	
2/Variations de la pression artérielle à jeun.....	36
3/Comparaison des pressions artérielle à jeun et en période d'alimentation normale.....	40
C-Variations de la glycémie.....	43
1/ Variations de la glycémie en période d'alimentation normale.....	43
2/Variations de la glycémie à jeun.....	43
3/Comparaison de la glycémie à jeun et en période d'alimentation normale.....	45
D-Variations de la température centrale.....	48
1/Variations de la température centrale en période d'alimentation normale.....	48
2/Variations de la température centrale à jeun.....	49

E-Poids corporel.....	51
CONCLUSION.....	53
BIBLIOGRAPHIE.....	56

INTRODUCTION

Pour assurer à l'athlète un statut nutritionnel satisfaisant, il faut une alimentation équilibrée, diversifiée, et adaptée. La maîtrise de l'alimentation du sportif, qu'il soit amateur ou professionnel est certainement un facteur important dans la réalisation de performances. La quantité d'aliments nécessaires chaque jour dépend des besoins énergétiques qui sont directement liés à la croissance, à l'âge et à l'activité physique. Dans le cas qui nous intéresse ici, c'est à dire celui des pratiquants sportifs, les dépenses énergétiques sont très variables d'un sport à un autre. En effet l'alimentation doit augmenter les réserves de glycogène (forme de réserves de sucre et « carburant » essentiel du muscle)avant l'épreuve physique et les gérer au mieux pendant et après celle-ci.

Le ramadan est un des mois sacrés du calendrier lunaire musulman. Durant cette période, il est prescrit aux croyantes et croyants pubères, conscients et en bonne santé de jeûner du début de l'aube au coucher du soleil. Ce jeûne implique l'absence d'absorption d'aliments, qu'il soit solide ou liquide.

Le ramadan brise notre routine, notre train de vie quotidienne. Nous avons l'habitude, au Sénégal, de faire trois repas par jours, et d'un coup, nous devons nous limiter à un maximum de deux repas. Il est évident que des modifications se feront sentir sur le plan biologique, en particulier physiologique et sanitaire. Ces modifications peuvent être importantes si en plus le pratiquant exerce un effort physique soutenu pendant une longue durée. En effet une épreuve physique suppose une mise en jeu des réserves de glycogène dans l'organisme. Ce dernier doit donc disposer d'un système de régulation rapide et efficace pour que la glycémie soit maintenue en permanence à son taux physiologique quelles soient les circonstances La régulation de la glycémie est un phénomène très complexe, qui fait intervenir de nombreux facteurs selon la situation dans laquelle on se trouve :

*La glycémie normale le matin est de 0,8 à 1,00 g/l.

*A la suite de l'ingestion d'un repas apportant des glucides, elle peut augmenter temporairement jusqu'à 1,2 à 1,3 g/l.

* Après un jeun de 24h ou davantage, la glycémie reste aux alentours de 0,60 à 0,70 g/l.

L'exercice musculaire, s'il est bref fait intervenir le seul glycogène local (musculaire et hépatique). La mobilisation du glycogène est généralement considérée comme le principal mécanisme de régulation du glucose sanguin durant l'exercice physique. Si l'épreuve se prolonge, la sécrétion du glucagon augmente ; l'insulinémie diminue sans que la glycémie ne varie. Chez le sujet entraîné, on observe une discrète diminution de l'insulinémie de repos, sans variations notables de celle-ci lors d'exercices d'intensité croissante sauf au voisinage de la puissance maximale aérobie, où elle augmente en restant inférieure à celle du sujet non entraîné. Aussi chez le sujet bien entraîné, une lipolyse intense couvre l'essentiel des besoins énergétiques.

Dans l'organisme du jeûneur, s'effectue une inversion des cycles insuline-glucagon. Durant le reste de l'année, l'hormone digestive la plus sécrétée est l'insuline. Il s'agit d'une hormone qui permet au glucose de pénétrer dans les cellules pour y être consommé et transformé en énergie.

L'insuline permet également la mise en réserves du surplus d'énergie fournie par l'alimentation. En faisant entrer du glucose dans les cellules, l'insuline entraîne dans les premiers jours de jeûne du ramadan des hypoglycémies c'est à dire des chutes du taux de glucose dans le sang. Après les premiers jours du jeûne du ramadan, l'insuline laisse sa place dominante au glucagon. Le glucagon est l'hormone du

jeûne, elle va mobiliser les réserves de l'organisme en particulier les graisses pour fabriquer le précieux **glucose** qui n'est plus apporté par l'alimentation. Si le jeûne se prolonge, la forte lipolyse et consommation des corps cétoniques par le cerveau permettent l'économie du glucose (Jøgens et coll., 1984 ; Cryer et coll., 1992).

Un jeûne de 24h épuise la presque totalité du glycogène hépatique emmagasiné, parallèlement l'augmentation importante des besoins en glucose des tissus périphériques pendant l'activité physique est équilibrée par l'augmentation de la libération de glucose par le foie (Jøgens et coll., 1984 ; Gleeson et coll. 1998).

Ces situations contraignantes constituées par l'activité physique et le jeûne hydrique et alimentaire, soumise simultanément à l'organisme, font que le risque d'hypoglycémie est évident. L'hypoglycémie fait courir un danger immédiat à un organisme à jeûne soumis à une épreuve physique. Ce déséquilibre du métabolisme glucidique peut également altérer les performances des sportifs jeûneurs.

Plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que le ramadan s'accompagne d'une baisse de performance tant au plan physique qu'au plan intellectuel. En effet, le jeûne du ramadan est un facteur limitant de la bonne performance physique chez le sujet jeûneur en particulier le sportif. Même au plan social l'on constate que les habitudes quotidiennes sont ralenties, ce dans le but d'économiser suffisamment d'énergie pour mieux gérer la fatigue en fin de journée.

Dés lors, dans cette présente étude, nous nous proposons :

- d'étudier l'effet du jeûne hydrique et alimentaire sur la puissance maximale aérobie lors d'un exercice d'intensité croissante ;

- d'étudier l'évolution de la glycémie au cours d'un effort physique intensif lors d'une période d'alimentation normale et lors du jeûne du ramadan ;

- enfin, de proposer des recommandations surtout pour les sportifs pratiquant le jeûne du ramadan.

RAPPELS

RAPPELS

A / Métabolisme du glucose

Les glucides sont des substances relativement simples jouant deux rôles : en alimentation : c'est le principal apport d'énergie, en métabolisme, c'est l'axe principal sur lequel se greffent les autres métabolismes. Ils sont essentiellement formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène

1/ Apport des glucides

Les glucides sont fournis à l'organisme par le biais de l'alimentation. Les principaux glucides alimentaires sont les polysaccharides, les disaccharides et les monosaccharides que l'on retrouve principalement dans les céréales, la pomme de terre et le sucre : ce sont apports exogènes.

Au repos l'alimentation apporte suffisamment de glucides pour les besoins de l'organisme. Lorsque les besoins énergétiques sont accrus au cours de l'effort, pour les satisfaire, il y'aura une mobilisation du glycogène et \ ou une biosynthèse du glucose (apports endogènes).

Puisque l'apport du glucide par l'alimentation est discontinu, l'organisme doit disposer d'un système de régulation lui permettant de maintenir la constance du glucose sanguin qu'elles soient les circonstances. En effet le glucose constitue le principal substrat énergétique de la cellule (Sotta, 1997). Certaines cellules sont totalement indépendantes de la concentration sanguine en glucose (cellules cérébrales, leucocytes, hématies), elles restent très sensibles à l'hypoglycémie.

Il existe sur la destinée des réserves glucidiques de puissants dispositifs d'autorégulation métabolique contrôlant le catabolisme glucidique en fonction des besoins énergétiques de l'organisme.

2/ Rôles des glucides

Le glucose constitue une source d'énergie directement utilisable pour la production d'ATP par le métabolisme. On le retrouve sous deux formes dans l'organisme : le glucose sanguin libre et les réserves de glycogène des muscles et du foie. Ils jouent un rôle important dans l'activité physique et plus particulièrement sur la performance sportive (Herman et coll., 1998 ; Gleeson et coll., 1998).

Dans l'organisme, les glucides peuvent être convertis en glucose qui peut être immédiatement utilisé ou emmagasiné dans le foie et le muscle sous forme de glycogène (en attendant d'être utilisé). L'acide lactique est le produit de la glycolyse anaérobie. Le terme de « glycolyse » signifie dégradation du sucre (glycogène ou glucose). La glycolyse anaérobie est donc la dégradation du glycogène en l'absence d'O₂. Au cours de cette dégradation, une certaine quantité d'énergie est libérée et, par le biais de réactions couplées, elle est utilisée pour synthétiser de l'ATP.

Le nombre de moles d'ATP pouvant être synthétisé à partir du glycogène au cours de la glycolyse anaérobie est relativement faible si on le compare à celui fourni lorsque l'O₂ est présent. Par exemple au cours de la glycolyse anaérobie, seulement 3 moles d'ATP peuvent être resynthétisées à partir de la dégradation de 180g de glycogène (ou 2 ATP à partir du glucose non lié en glycogène).

En résumé la glycolyse anaérobie conduit à la formation d'acide lactique ; ne nécessite pas la présence d'O₂ ; n'utilise que les glucides ; (glycogène et glucose) comme substrats ; libère une quantité d'énergie suffisante pour la resynthèse d'environ une mole d'ATP.

En présence d'O₂ une mole de glucose est complètement dégradée en CO₂ et H₂O et elle libère suffisamment d'énergie pour permettre la resynthèse de 39 moles d'ATP lorsqu'elle vient directement du glycogène. Cette production d'énergie met en jeu de nombreuses réactions chimiques contrôlées par de nombreuses enzymes. Les diverses réactions du métabolisme aérobie

peuvent se diviser en 3 séries distinctes : la glycolyse aérobie, le cycle de Krebs et le système de transport des électrons.

3/ stockage

Bien que le rôle majeur des glucides consiste à fournir de l'énergie pour la formation d'ATP, très peu de glucides sont mis en réserves pour fournir une réserve énergétique de combustible (la majeure partie du combustible est mise en réserve se trouve sous forme de lipides). La petite quantité de glucide mise en réserves sous la forme d'un polysaccharide de glucose à chaîne ramifiée : le glycogène. La majeure partie du glycogène est stockée dans les muscles squelettiques et dans le foie, mais on en trouve aussi des quantités plus faibles dans la plupart des autres tissus.

Il est synthétisé à partir du glucose (glycogénogenèse) mais aussi à partir des précurseurs non glucidiques (néoglucogenèse)

4/ Métabolisme et régulation du glucose

a) Dégradation et régulation

Le glucose se retrouve à l'état libre dans le sang, directement utilisé par la cellule à des fins énergétiques ou sous forme de glycogène.

Le métabolisme glucidique constitue l'axe central du métabolisme cellulaire.

Le glucose qui circule dans le plasma sanguin pénètre dans la cellule mais il ne peut participer au métabolisme cellulaire que s'il est activé-en : . Glucose - 6 - phosphate (G - 6 -P) par une molécule d'ATP. De même, le glycogène ne peut libérer un maillon glycosyl que par la combinaison avec un reste d'acide phosphorique qui donne du glucose - 1 - phosphate (G - 1 - P) qui se transforme ensuite en G - 6 - P. Le G - 6 - P qui vient soit du glucose soit du glycogène est le vrai point de départ du métabolisme glucidique ; il peut évoluer de deux manières différentes. :

la voie énergétique banale d'Embden – Meyerhof et la voie des pentoses produisant de l'énergie noble pour les synthèses

*Dans la voie énergétique banale, le G – 6 – P, molécule à 6 carbones donne 2 molécules de trioses – phosphate à 3 carbones. Le trioses – phosphate par une série de réactions donne l'acide pyruvique qui évolue différemment : (fig. : 1)

En l'absence d'oxygène se transforme en acide lactique.

En présence d'oxygène, se transforme en acétyl – coenzyme A qui entre dans le cycle de Krebs.

Le résultat du catabolisme est la production d'ATP soit directement soit indirectement par les transporteurs d'hydrogène : NADH₂ et FADH₂.

*Dans la voie énergétique noble, le G – 6 - P subit une série des réactions très compliquées qui aboutissent aux trioses – phosphates mais l'hydrogène est arraché par un transporteur spécial le NAD qui fournira l'énergie pour les synthèses chimiques de l'organisme.

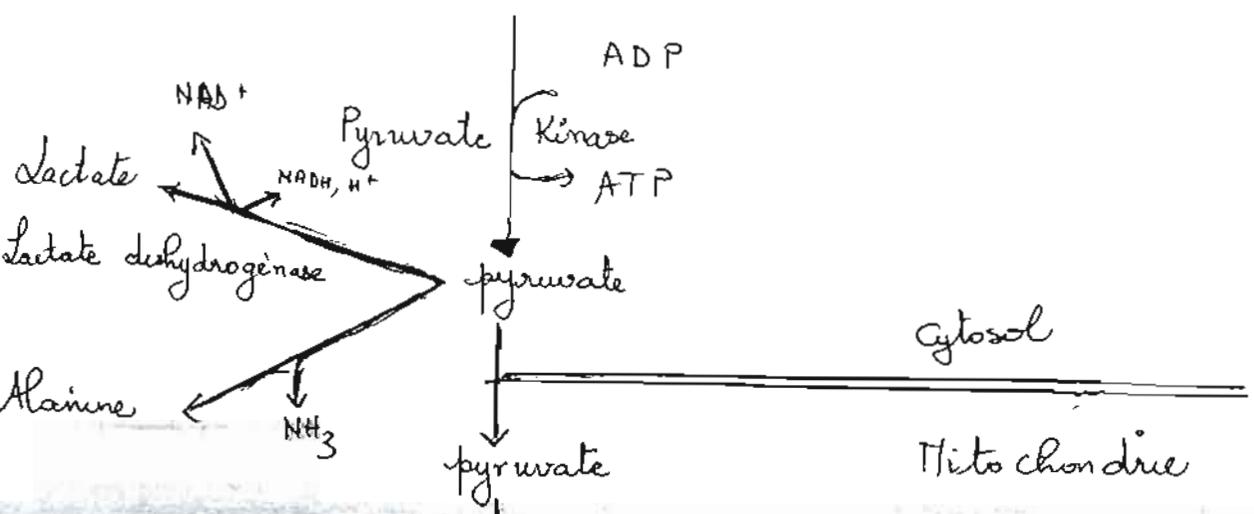
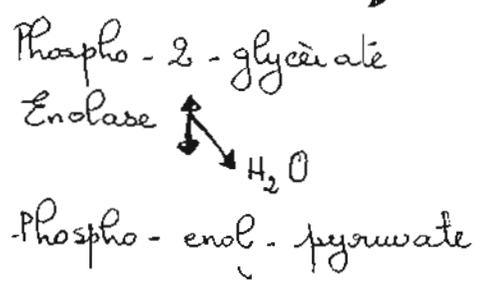
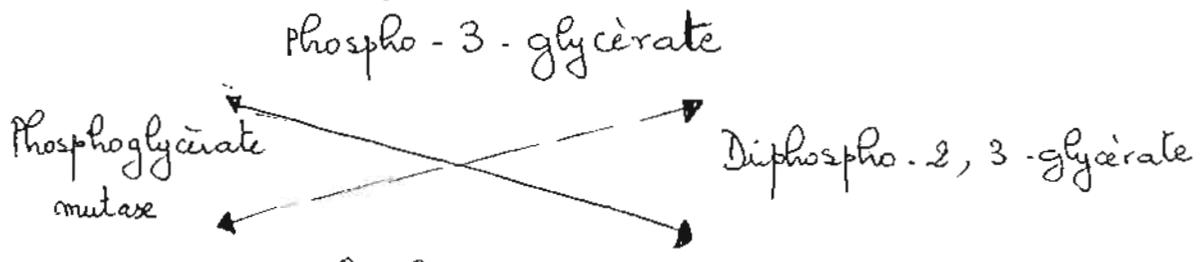
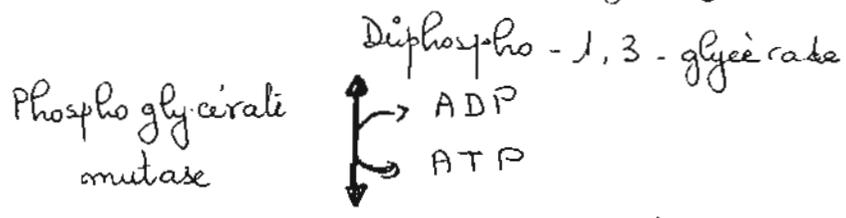
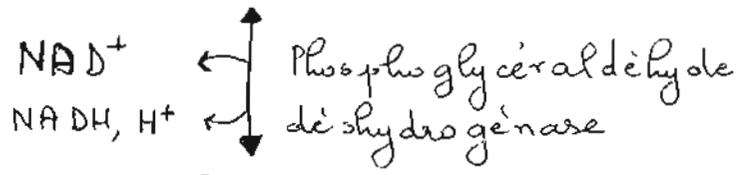
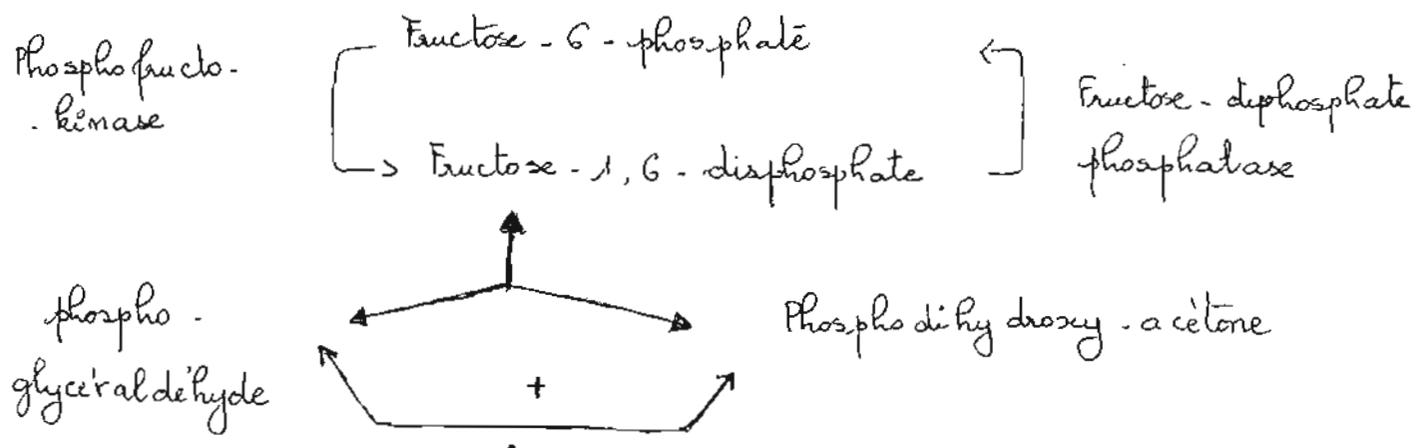
Le foie possède une enzyme spécifique, le glucose – 6 – phosphatase capable d'hydrolyser irréversiblement le G. 6. P en glucose libre susceptible de quitter le foie pour recharger la glycémie. En d'autres termes la transformation du glycogène hépatique en glucose grâce aux G – 6 – phosphatase permet de maintenir la constance de la glycémie.

b/ Synthèse du glucose en glycogène

L'anabolisme du glycogène est une voie obligatoire pour l'organisme qui doit reconstituer ses réserves glucidiques. Pour se faire, plusieurs éventualités sont possibles :

* Utiliser les composés glucidiques : glucose ou produits du métabolisme glucidique (acide lactique intermédiaire du cycle de Krebs). Il s'agit de la glycogénèse ou glycogénogenèse.

Phospho-hexose $G-6-P$
~~isomerase~~



Glycolyse (voie d'embden-Pauroff)

Cycle de Krebs

Fig: 1

* Utiliser des composés non glucidiques tels que le glycérol d'origine lipidique et surtout des acides aminés glucoformateurs. Il s'agit de la neoglucogenèse ou néoglycogénogenèse (Kruth, 1989 ; Sotta, 1997 ; De Gégono, 1997).

* Glycogénogenèse

Le glycogène est synthétisé à partir du glucose. La glycogenogenèse a lieu dans le foie et une moindre mesure dans le rein. Elle est activée par deux hormones, l'insuline et le cortisol. Elle est inhibée par le glucagon, l'adrénaline ainsi que l'ion Ca^{2+} .

* glycogénèse

C'est la synthèse du glycogène à partir du glucose

* Néoglucogenèse

Encore appelée cycle de Cori est la formation du glucose à partir du corps non-glucides.

B/ Puissance aérobie maximale

L'une des méthodes les plus appropriées pour déterminer la capacité d'un sujet à effectuer des activités physiques consiste à mesurer la quantité d'énergie qu'il peut fournir et la puissance maximale qu'il peut soutenir pendant cette activité. Ceci est déterminé indirectement en mesurant le volume d'oxygène consommé (exprimé en litre) au cours d'un exercice physique d'intensité maximale.

Tout exercice physique met obligatoirement en jeu la fonction cardiaque, la fonction respiratoire et le muscle.

1/ la consommation maximale d'oxygène

L'importance du processus aérobie peut être appréciée à partir des échanges gazeux pulmonaires : au cours d'un exercice d'intensité croissante effectuée sur un ergocycle ou tapis roulant, impliquant la mise en jeu d'une masse musculaire importante, la consommation d'oxygène augmente de façon linéaire avec la puissance développée jusqu'à une valeur limite qui reste constante même si la puissance imposée est encore accrue. Cette valeur limite représente la consommation maximale d'oxygène ($VO_2 \text{ max.}$) à laquelle correspond la puissance maximale aérobie (P.M.A.). Unanimentement la $VO_2 \text{ max.}$ est reconnue comme l'un des principaux facteurs composites même définissant le niveau d'aptitude bioénergétique d'un sujet. La notion de condition physique est considérée comme pré requis à l'entraînabilité, à la diminution de la fatigabilité et à la performance.

La puissance maximale d'oxygène dépend directement de l'adaptation du système d'échanges gazeux respiratoire et circulatoire chargés de capter, de transporter puis de livrer aux muscles les molécules d'oxygène nécessaires aux oxydations. A ce titre, elle dépend enfin des possibilités oxydatives au niveau des muscles actifs.

Les facteurs de variabilités de la $VO_2 \text{ max.}$ dépendant de plusieurs paramètres.

- a) Méthode de mesure utilisée et type d'entraînement
- b) Sexe
- c) Age
- d) Environnement
- e) Etat nutritionnel.

La puissance maximale aérobie ou consommation maximale d'oxygène se définit comme la consommation maximale d'oxygène que présente un sujet au cours de l'activité musculaire en inhalant de l'air au niveau de la mer.

Les travaux de Leger et Boucher (1980) ont permis de trouver une relation entre le $\dot{V}O_2\text{max.}$ et la vitesse du dernier palier atteint au cours d'une course sur piste réglementée par un signal sonore.

$$\dot{V}O_2\text{max.} = 3,5 \vec{v}$$

Le $\dot{V}O_2$ consommé par une personne au cours d'un exercice maximal peut être converti en unité d'énergie comme la kilocalorie (Kcal) ou le Kilojoule (KJ) ou unité de puissance kg.m / s et les Watts(w).

2)- $\dot{V}O_2$ max. et performance

D'un point de vue théorique et dans la mesure où l'on connaît le coup énergétique des différentes activités (course, nage, cyclisme), il paraît possible de déterminer le niveau potentiel de la performance dans le domaine aérobie, tout au moins pour des durées d'épreuves ne dépassant pas 15 mn (environ 5 km de course à pied). Ceci est d'ailleurs corroboré par l'observation des

valeurs de $\dot{V}O_2$ max. dans les différentes disciplines sportives. Les valeurs les plus élevées de $\dot{V}O_2$ max supérieures à 80 ml 80 ml/mn/kg sont observé chez les coureurs de fond.

En fait, il faut considérer que la performance lors des épreuves d'une durée allant de 3 à 5 minutes dépend de la vitesse maximale aérobie (V.M.A), puisque l'énergie dépensée se situe alors aux environs de $\dot{V}O_2$ max. . A $\dot{V}O_2$ Max semblable Lacour et coll. (1990) ont montré la relation étroite existant entre VMA et performance sur des distances de courses entre 3000 et 5000 m.

REVUE
LITTERATURE

A/ Influence du jeûne sur le métabolisme glucidique et lipidique **et sur les performances physiques.**

Le jeûne de courte (24 h) a pour conséquence une diminution du glycogène du foie (Hultman et Nilsson, 1977). Cette diminution du glycogène hépatique est suivie d'une réduction du niveau de glucose et d'insuline dans le sang (Cahill et Morgan, 1966 ; Owen, et coll., 1969). Au contraire, une période de jeûne moyenne de 3 à 7 jours a pour résultat l'homéostasie du glucose. Le glucose, l'insuline du plasma et la consommation de glucose par les muscles diminuent durant les 3 jours puis se stabilisent à un niveau plus bas (Cahill et Morgan, 1966 ; Owen, et coll., 1969 ; Owen et Reichard, 1971).

La teneur de glucose dans le corps ainsi que la libération de glucose hépatique connaissent une diminution mais la gluconéogenèse augmente comparée à un jeûne bref ou très long (Garber, et coll., 1974 ; Paul et Bortz, 1969).

Le plasma libère des acides gras et le niveau de glycérol se stabilise à des niveaux très élevés comparé à 24h de jeun, bien que la mobilisation et l'oxydation des cétones continuent à augmenter (Cahill et Morgan, 1966 ; Owen, et coll., 1969).

L'exercice physique à basse intensité et prolongé produit des effets métaboliques qui ressemblent à un jeûne prolongé. Il y a une augmentation de la gluconéogenèse, une augmentation de la mobilisation et de l'oxydation des acides gras (Hagenfeldt, 1979 ; Havel, et coll. ,1964), une augmentation de la glycogénolyse (Hultman et Nilsson ,1977).

Des études sur les effets combinés du jeûne de courtes durées et l'exercice aérobic modérément intense ont montré que l'oxydation de l'hydrate de carbone de plus petite en l'état est maintenue durant l'exercice et les niveaux plasmatiques d'acide gras libérés augmentent , mais le jeûne n'a aucun effet d'épargne apparent sur le glycogène du muscle (Dohm, et coll., 1986 ; Loy, et coll., 1986).

Les études concernant un exercice modérément intense après 24h de jeûne ont montré une augmentation de graisse et utilisation des hydrates de carbone. Cependant il n'y a aucun changement dans l'utilisation du glycogène des muscles (Loy, et coll., 1986).

Loy et coll. en 1986, utilisant un cycle d'exercice à plus de 65% du V_{O_2} max. ont montré que le jeûne de 24h réduits de manière significative le temps de fatigue des athlètes. Le niveau d'entraînement à lui seul ne peut expliquer cette différence, comme Dohm et d'autres auteurs en 1986 utilisant des personnes entraînées n'ont trouvé aucune différence sur le temps d'exercice dont la fatigue est de 70 à 75% de V_{O_2} max. après un jeûne de 24h. Une importante cause de fatigue est la diminution du glycogène des muscles (Hulman, 1967).

A une intensité d'exercice dont la consommation maximale d'oxygène est de 45%, 3 à 5 jours n'entraîne pas une hypoglycémie ou une fatigue rapide. L'utilisation réduite du glycogène des muscles et du glycogène du sang durant l'exercice entraîne une augmentation de la gluconéogenèse qui tendait à changer le niveau de circulation du glucose vers des valeurs trouvées à l'état d'après consommation.

Un exercice à un rythme moins intense peut être maintenu plusieurs jours sans repas par un changement substantiel dans l'utilisation de carbone comprenant une utilisation accrue de graisse, une économie du glycogène des muscles et un flux de glucose réduit. La production de glycogène hépatique s'effectue par glycogénolyse lors des exercices physiques de courtes durées et par gluconéogenèse lors des exercices prolongés (Jørgens et Coll, 1984 ; Nassis et Coll., 1998). La mise en route de la néoglucogenèse dépend également de l'intensité de l'effort.

En définitive, dans le jeûne de courte durée, on constate l'importance de la glycogénolyse avec un métabolisme de base normal. Dans le jeûne long (au bout de 5 jours), on observe trois phénomènes très particuliers :

- 1/ diminution du métabolisme de base
- 2/ la réduction de la néoglucogenèse avec l'utilisation préférentielle du tissu gras
- 3/ adaptation du tissu nerveux qui cesse d'être gluco-dépendant et acquiert la capacité d'utiliser les corps cétoniques.

Selon Cissé et Coll., tous les exercices sportifs sont à déconseiller fortement en période de ramadan, surtout lorsque le jeûne tombe en saison chaude. Certes les exercices de brèves durées exécutés tôt dans la journée c'est à dire à un moment où la contrainte thermique est encore modérée, ne sont pas notablement influencés par la privation de l'eau.

La performance est respectée dans ce cas, mais l'équilibre hydrique et essentiellement thermique est compromis dans la seconde moitié de la journée, car il y a forcément une augmentation de la perte sudorale. Surtout les exercices d'une durée supérieure à 12 minutes quand le débit sudoral atteint une valeur élevée et stable sont directement influencés en particulier s'ils sont prolongés et exécutés à la période chaude de la journée. La baisse du contenu hydrique de l'organisme entraînera plus ou moins rapidement un fléchissement accru du coup de chaleur.

B / Altérations de la performance musculaire et de la posture prolongée

durant le ramadan

Pendant le ramadan des changements physiologiques sont constatés du fait du long régime alimentaire et du manque partiel de sommeil.

On dit généralement que le jeûne du ramadan a des effets nuisibles sur les performances musculaires et sur la station debout prolongée.

Selon certains auteurs, le jeûne du ramadan implique une baisse des performances musculaires et de la capacité à se tenir debout pendant longtemps. (Bigard, et coll., 1993). Une courte période de restriction énergétique ou d'exercice prolongé entraînant une diminution du stock de glycogène du foie et des muscles ne changeait pas la force des muscles et le pouvoir anaérobie (Bigard, et coll., 1993 ; Symons, Jacobs, 1989).

Durant le ramadan, un manque partiel de sommeil est constaté entre les deux repas (La première avant l'aube et la seconde au coucher du soleil) ; bien que ceci ne fût jamais l'objet d'attention particulière. Les études effectuées sur le manque aigu de sommeil sur les performances musculaires sont équivoques avec peu d'effets sur la force (Bulbulian, et coll., 1996 ; Takenchi, et coll., 1985.). Le ramadan a aussi des effets sur l'attention, la concentration entraînant des risques de blessures et une baisse de l'habileté.

En conclusion l'étude montre que des changements physiologiques s'opèrent chez le musulman durant le ramadan. Une diminution de la force musculaire et de l'endurance, Une diminution du volume plasmatique et de la tolérance orthostatique a été observée sur des pilotes combattants après 4 h de jeun partiel.

TRAVAIL
PERSONNEL

I- MATERIELS ET METHODE

A / Matériel

1/ Population étudiée

Douze sujets de sexe masculin de 21 ans à 26 ans ont participé à l'expérimentation. Ces sujets pratiquent régulièrement différentes activités sportives.

Il s'agit d'étudiants en première, deuxième et troisième année de l'Institut National Supérieur d'Education Populaire et du Sport (I.N.S.E.P.S). En effet ces étudiants pratiquent du sport 6 jours dans la semaine (lundi au samedi) de 8 heures à 11 heures, ce qui fait une moyenne d'environ 18heures par semaine de pratique sportive.

Ils se sont tous portés volontaires pour participer à cette étude. Les caractéristiques anthropométriques de la population d'étude sont représentées sur le tableau suivant :

	AGE (années)	POIDS (Kg)		TAILLE (cm)
		Alimentation normale	A jeun	
Moyenne	23	65,96	64,92	178,5
Ecart-type	1,21	6,81	6,34	5,48

Tableau n°1 : Caractéristiques anthropométriques de la population d'étude.

2/ Lieu

Les études ont été effectuées dans le laboratoire d'exploitations fonctionnelles de l'I.N.S.E.P.S.de Dakar, dans une salle aérée. La température moyenne de la salle était de 28°5 et le degré hygrométric au mois de Décembre était compris entre 75% et 27,33% et au mois de Janvier entre 89% et 47,66% .

3/ Matériel

Nous avons utilisé le matériel suivant :

*Une pèse personne : pour la mesure des poids des sujets. Elle est de type SECA

*Une toise graduée en centimètre : pour la mesure de la taille des sujets

*Un cardiofréquencemètre : permettant de prendre la fréquence cardiaque (F.C) au repos, durant l'effort et lors de la récupération. Ce cardiofréquencemètre de type POLAR transmet directement (sans fil) et avec précision la F.C de l'E.C.G de l'émetteur placé au tour du thorax à un récepteur porté au poignet.

*Une bicyclette ergométrique : nous disposions en réalité de deux bicyclettes ergométriques toutes de type MONARK 818 E. Les bicyclettes comportent un dispositif électronique incorporé nous donnant directement le nombre de tours effectués. Ces bicyclettes étaient équipées d'une puissance-mètre électronique permettant de calibrer la puissance de l'exercice.

*Un chronomètre de type CASIO

*Deux tensiomètres : qui ont permis de prendre la tension artérielle des sujets

*Un électrocardiographe : de marque ELLIGE EK 53 qui nous a permis de faire le monitoring du rythme et de la F.C pendant l'effort et à la récupération.

*Un thermomètre électronique multicanaux : cet appareil permet la prise des températures toutes les 2 minutes durant l'épreuve de pédalage et toutes les 5 minutes durant la récupération

*Un lecteur de glycémie : la glycémie des sujets est contrôlée une première fois juste avant l'épreuve et une seconde fois en fin d'épreuve de pédalage.

Le lecteur de glycémie de marque ONE TOUCH utilisé permet de doser le taux de glucose sanguin de manière rapide. En prélevant un échantillon de sang au doigt et en le déposant sur une bandelette réactive, on peut connaître le taux de glucose sanguin du sujet en l'espace de 5 secondes.

Le matériel nécessaire pour mesurer la glycémie est composé de :

- un lecteur de marque ONE TOUCH *Ultra*® avec son manuel d'utilisation
- un flacon de 10 bandelettes réactives ONE TOUCH *Ultra*®.
- un stylo auto piqueur réglable ONE TOUCH *Ultrasoft*.
- des lancettes stériles ONE TOUCH *Ultrasoft* (qui servent à piquer la face palmaire du doigt où se fait le prélèvement).
- 3,5 ml de solution de contrôle ONE TOUCH *Ultra*®.

Le lecteur ONE TOUCH *Ultra*® donne, les résultats précis, calibrés sur le plasma et directement comparables avec ceux de laboratoires. L'échelle de ce lecteur ONE TOUCH va de 20 à 600 mg/dL (1,1-33,3 mmol/L). Au-delà de 600 mg/dL, le lecteur affiche la mention "HI" (élevé) c'est le signe d'une hyperglycémie ; et en deçà de 20 mg/dL , le lecteur affiche la mention "LO" (bas), signe d'une hypoglycémie.

B/ Méthode

Protocole d'étude

En élaborant ce protocole d'étude, nous avons deux objectifs d'abord :

-analyser le niveau de performance de jeunes sujets sportifs durant le jeûne du ramadan et en période d'alimentation normale lorsqu'ils sont soumis à une épreuve d'intensité maximale, ensuite

-étudier les modifications de la glycémie, des grandeurs cardiovasculaires et de la température centrale lors du ramadan.

L'étude a été faite en deux étapes, une pendant le ramadan, et une autre après le ramadan :

▶ la première étape s'est déroulée durant la troisième semaine du mois de ramadan (1^{ère} semaine du mois de Décembre 2001). L'étude a duré 3 jours avec 4 sujets étudiés par jours.

▶ la seconde étape a été réalisée un mois après le ramadan (3^{ème} semaine du mois de janvier 2002), également 4 sujets sont étudiés durant les 3 jours de l'expérimentation.

Pour les deux périodes d'étude, l'expérimentation commençait toujours à 14h, il y' a eu un intervalle de 30 jours entre les deux périodes d'étude.

Durant l'étude les sujets avaient à effectuer une épreuve d'intensité maximale progressive. Ils commençaient avec une puissance de 50 watts, pédalaient et chaque 2 minutes , la charge est augmentée de 50 watts. L'épreuve de pédalage terminait lorsque le sujet avait atteint un seuil de fatigue et ne pouvait plus continuer à la suite d'une augmentation de puissance de pédalage.

Un certain nombre de précautions a été pris :

► A jeun, les sujets prenaient leur dernier repas avant l' expérimentation à 6h du matin

► En période d'alimentation normale, les sujets à l'exception de 2, ont pris leur repas à 11h. Ils n'ont pas fait du sport durant la matinée en loccurence avant l'expérimentation.

Les premiers sujets arrivaient au laboratoire 30 minutes avant l'épreuve. On déterminait les données anthropométriques (poids, taille), ainsi que les températures rectale et ambiante. Ensuite le sujet est placé sur bicyclette ergométrique et commençait à pédaler. Les tableaux 2 et 3 montrent respectivement les valeurs des puissances de pédalage et les temps correspondants réalisés par les sujets à jeun puis en période d'alimentation normale.

Sujets	Puissance(watt)	Temps(mn)
1	200	8
2	150	6
3	200	8
4	200	8
5	150	6
6	200	8
7	200	8
8	200	9
9	200	9
10	200	8
11	200	9
12	200	8
Moyenne	191,67	7,92
Ecart-type	19,46	1,00
Maximum	200	9
Minimum	150	6

Tableau n°2 : Puissance maximale de pédalage et temps correspondants en période de jeun.

Sujets	Puissance(watt)	Temps(mn)
1	250	10
2	200	8
3	200	9
4	200	8
5	200	8
6	300	12
7	300	12
8	250	10
9	300	12
10	250	10
11	250	10
12	250	10
Moyenne	245,83	19,91
Ecart-type	3,64	1,50
Maximum	300	12
Minimum	200	8

Tableau 3: Puissance maximale de pédalage et temps correspondants en période d'alimentation normale.

II- RESULTATS ET COMMENTAIRES

A- Modifications da la fréquence cardiaque

Au cours de notre étude, nous avons relevé la fréquence cardiaque (F.C) dans trois conditions : au repos ,durant l'effort physique, et lors de la récupération. Pendant l'effort, la F.C est prise toutes les 2 minutes, et durant la récupération toutes les 5 minutes pendant 15minutes.

1 / Modifications de la fréquence cardiaque (batt/mn) lors de la période d'alimentation normale (tableau 4)

1°) La fréquence cardiaque est le nombre de battements par minutes (batt./mn).Elle est en moyenne de 70 au repos pour les sédentaires et de 32 pour les sportifs de haut niveau.

La comparaison des F.C au repos et des F.C à la 2^{em} mn de l'effort montre une différence statistiquement significative. La F.C au repos est largement inférieure à la F.C à l'effort. Cette augmentation significative se poursuit pendant toute la durée de l'épreuve de pédalage (voir figure A).

Ces résultats sont conformes avec ceux de la littérature (Caen, et coll., 1978).

Lors d'un effort maximal progressif, la F.C augmente par paliers jusqu'à ce que le sujet s'arrête . la relation entre la puissance de pédalage et la F.C est une droite donc c'est une relation linéaire. Le délai nécessaire pour atteindre cet équilibre de même que l'importance de l'accélération cardiaque, dépend de la puissance imposée et du degré d'entraînement. Les valeurs théoriques de F.C max. sont données par la formule d'ASTRAND :

$$F.C \text{ max.} = 220 - \text{âge}$$

		RECUPERATION			
Temps Sujets	Repos	Effort	5 mn	10 mn	15 mn
1	75	183	113	106	99
2	56	176	100	75	73
3	64	184	92	88	73
4	66	190	130	117	114
5	60	187	113	109	92
6	83	179	112	111	107
7	66	193	118	108	103
8	70	168	106	102	99
9	94	202	116	112	111
10	72	173	104	99	96
11	62	164	122	100	94
12	80	183	103	97	95
Moyenne	70.67	181.83	110.75	102.00	96.33
Ecart-type	12.24	10.25	9093	11.02	12.30
Maximum	130	202	130	117	114
Minimum	90	164	92	75	73
Test t de student		2,37 10 ⁻¹²	9,62 10 ⁻¹⁰	0,0021157	0,0028494

Tableau 4: valeurs moyennes et données statistiques de la fréquence cardiaque au repos, à l'effort, et durant les 15 mn de récupération en période d'alimentation normale. Les moyennes des F.C au repos, à l'effort et au cours des 15 mn de récupération ont été comparées entre elles (repos versus effort ; effort versus 5 mn ; 5 mn versus 10 mn ; 10 mn versus 15 mn).

récupération ont été comparées entre elles (repos versus effort ; effort versus 5 mn ; 5 mn versus 10 mn ; 10 mn versus 15 mn).

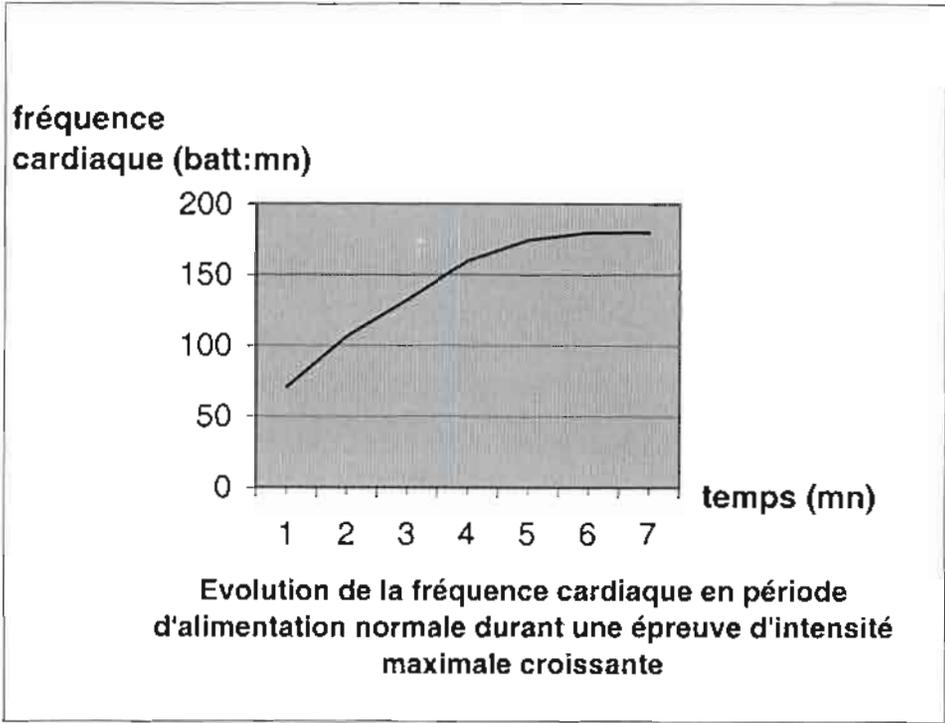


fig. A

2°) Durant la récupération, on constate une baisse progressive de la F.C. En effet, la différence statistique (DS) de F.C à l'arrêt de l'effort et de F.C après 5 mn de récupération est significative. On note une diminution importante de la F.C après 5 mn de récupération, de même qu'après 10 mn de récupération. La DS entre les moyennes de F.C après 5 mn et 10 mn de récupération est aussi significative. Par contre la DS des F.C entre les 10 mn et les 15 mn de récupération n'est pas significative. La moyenne entre les deux dernières étapes est relativement faible (voir figure B). A l'arrêt de l'exercice, une baisse de F.C survient brutalement, suivie d'une évolution plus lente et progressive vers la F.C de repos. Cette évolution de la F.C pendant la récupération est conforme avec les données classiques de la littérature (Craplet, Craplet, 1986).

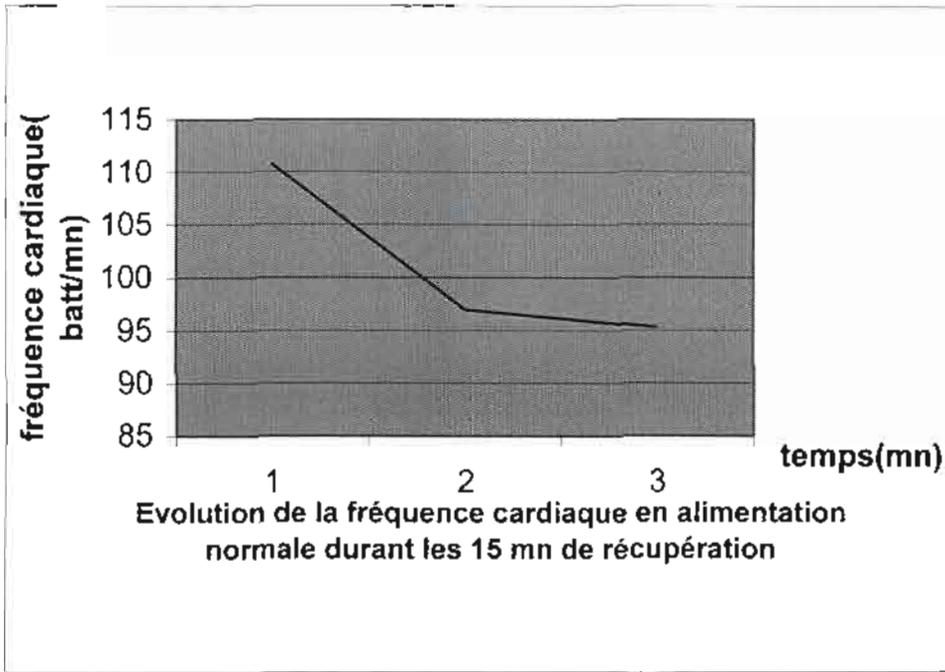


fig.B

3°) La F.C après 15 mn de récupération est plus élevée que celle de repos, mais cette différence n'est pas significative ; ce qui témoigne d'une bonne récupération des sujets en période d'alimentation normale.

2 / Modifications de la fréquence cardiaque(batt/mn) à jeun (tableau 5)

			RECUPERATION		
Période Sujets	Repos	Effort	5mn	10mn	15mn
1	85	186	114	111	106
2	69	183	105	100	95
3	69	177	90	87	78
4	85	160	109	111	104
5	77	178	112	103	106
6	87	180	103	101	103
7	67	173	103	88	87
8	78	157	119	111	105
9	95	200	136	133	127
10	70	171	101	100	93
11	83	161	106	100	93
12	83	188	108	104	106
Moyenne	79,00	176,16	108,83	104,08	100,25
Ecart-type	8,44	13,00	10,74	11,51	11,77
Maximum	95	100	136	133	127
Minimum	67	60	90	87	78
p	$2,37 \cdot 10^{-12}$	$4,541 \cdot 10^{-11}$	$2,814 \cdot 10^{-9}$	0,003238	0,008742

Tableau 5 : valeurs moyennes et données statistiques de la F.C en batt./ mn à jeun au repos, à l'arrêt de l'exercice et durant les 15 mn de récupération. Les moyennes des F.C au repos, à l'arrêt et au cours des 15 mn de récupération ont été comparées entre elles (repos versus arrêt ; arrêt versus 5 mn ; 5 mn versus 10 mn ; 10 mn versus 15 mn).

1°) La comparaison des F.C au repos et des F.C à l'arrêt de l'effort montre une différence statistiquement très significative. Dès la 2ème mn d'effort on note une augmentation progressive et significative durant toute l'épreuve de pédalage . La F.C après effort est très supérieure à celle de repos (voir figure C).

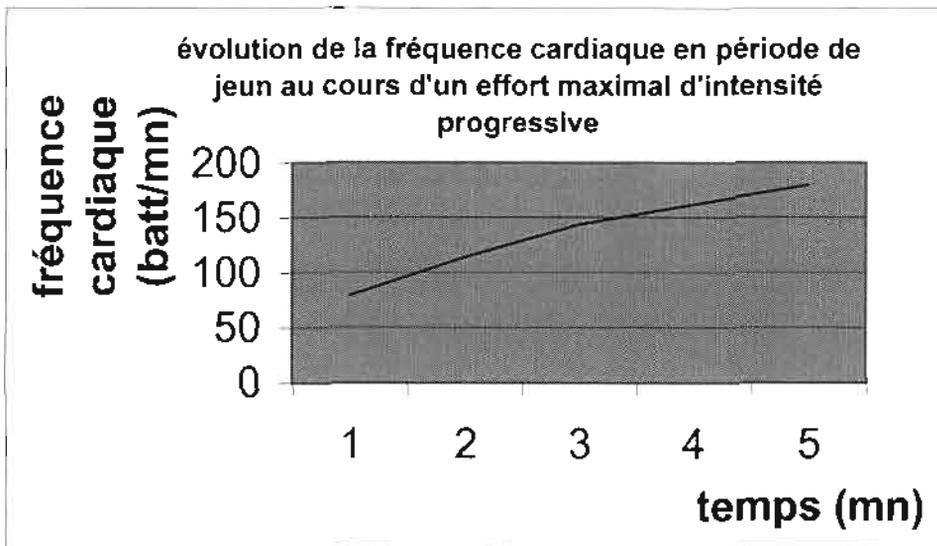


FIG.C

2°) Lors de la récupération, on constate qu'il y a une baisse progressive de la F.C. La DS entre les moyennes de F.C à l'effort et de F.C après 5 mn de récupération est très significative. Celle des F.C après 5 mn et 10 mn de récupération est peu significative, de même que celle entre 10 et 15 mn de récupération (voir figure D) . Cette baisse confirme les résultats obtenus par Cissé et coll. 1992.

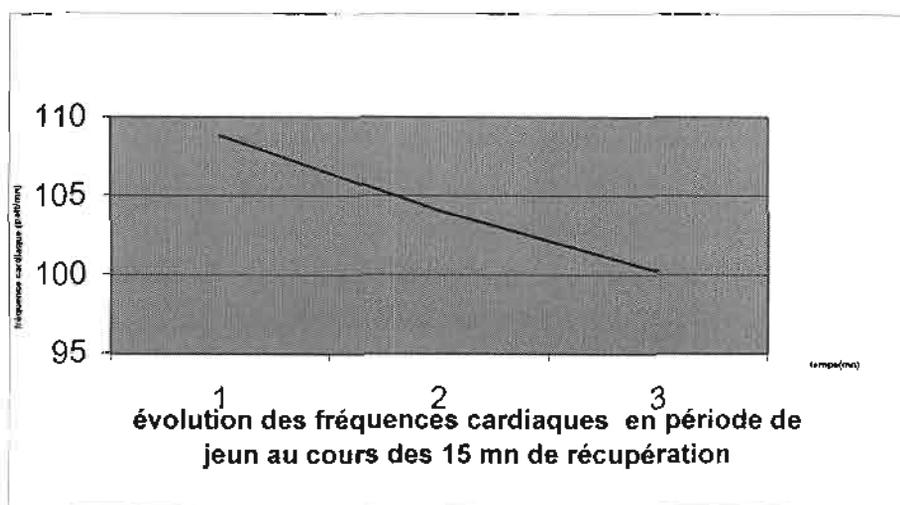


fig.D

3°) La F.C après 15 mn de récupération est supérieure à la F.C au repos et de manière statistiquement significative ($5 \cdot 10^{-3}$). Ce qui montre un défaut de récupération des sujets ayant respecté le jeûne du ramadan, contrairement à ce qui a été constaté en période d'alimentation normale chez les mêmes sujets. Ce défaut de récupération incomplète est dû à la baisse des réserves énergiques durant la restriction alimentaire, résultats confirmés par la littérature (Pacy, Cox, 1996 ; Walker, 1972)

3/ Comparaison des fréquences cardiaques à jeun et en période d'alimentation normale

Temps sujets	Repos jeun	Repos alimentation
1	85	75
2	69	56
3	69	64
4	85	66
5	77	60
6	87	83
7	67	66
8	78	70
9	95	94
10	70	72
11	83	62
12	83	80
Moyenne	79,00	70,66
Ecart- type	8,43	10,39
Test t de student		0,00312

Temps sujets	Arrêt jeun	Arrêt alimentation
1	186	183
2	183	176
3	117	184
4	160	190
5	178	187
6	180	179
7	173	193
8	157	168
9	200	202
10	171	173
11	161	164
12	188	183
Moyenne	171,58	181.16
Ecart- type	20,34	10,25
Test t de student		0,09

Tableau 6

Tableau 6'

Tableau 6 et 6': valeurs moyennes et données statistiques de la F.C durant les périodes expérimentales. Les moyennes de F.C au repos et à l'arrêt ont été comparées entre elles (repos jeûne versus repos alimentation ; arrêt jeûne versus arrêt alimentation).

La comparaison des F.C au repos à jeun et en alimentation normale montre qu'il y'a une différence significative $3 \cdot 10^{-3}$ (voir fig. E). Par contre la DS entre les F.C à l'arrêt en période de jeun et les F.C à l'arrêt en période d'alimentation montre qu'il y a pas une différence significative, 0,10(voir figure F).

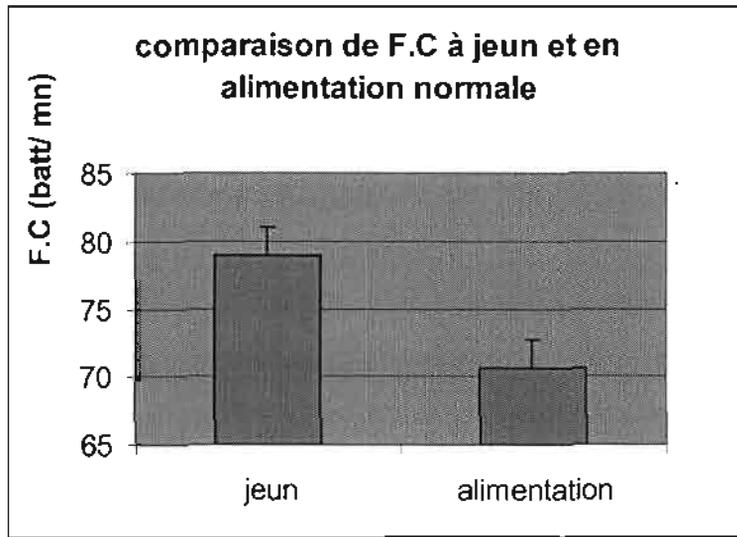


fig. E

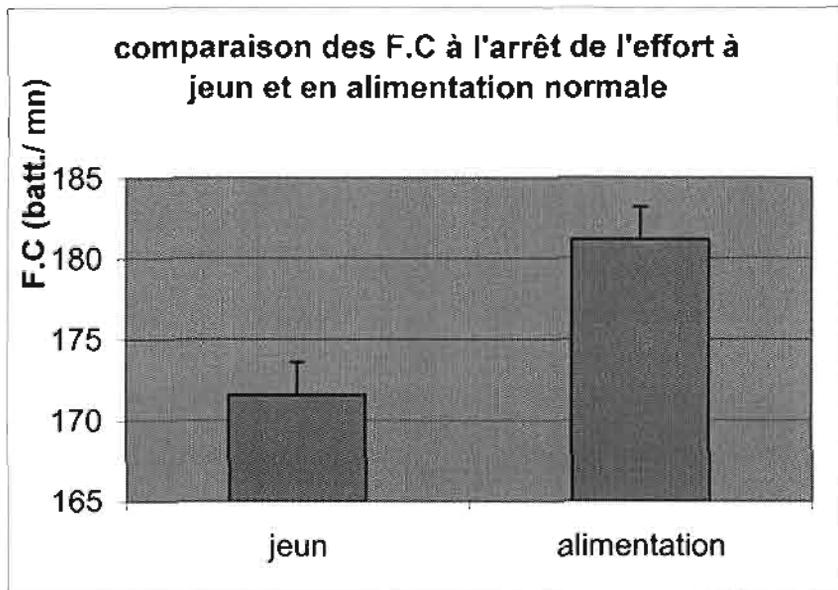


fig.F

Ainsi on note dans les deux situations expérimentales (jeûne et alimentation normale) que la F.C augmente de façon considérable entre le repos du sujet et la fin de l'effort physique en locurence augmente durant toute l'épreuve de pédalage. Elle décroît ensuite progressivement pendant les 15 mn de récupération. Cependant, lors de la période de jeun, la F.C après 15 mn de récupération reste toujours élevée par rapport à la F.C de repos. Ce qui suggère un défaut de récupération complète à cette période dû à la restriction hydrique et alimentaire.

La comparaison des F.C durant ces deux périodes d'étude (tableau n° 6 et 6') nous a permis, de constater aussi que les sujets avaient une meilleure récupération en période d'alimentation qu'en période de jeun. La F.C max. trouvée en période d'alimentation est plus proche de la F.Cmax. théorique que la F.C max. en période de jeun

4/ Comparaison de puissance maximale de pédalage (tableau 3')

A jeun, d'une manière générale la puissance maximale de pédalage des sujets était en moyenne égale à 190 w donc était inférieure à celle en alimentation (tableau 1).

Le tableau 2, montre qu'en période d'alimentation normale la puissance moyenne de pédalage était de 245 w donc supérieure à celle de jeun. Par ailleurs, la sudation était moins importante qu'en période de jeun hydrique et alimentaire.

Au moins chaque sujet a dépassé d'un palier sa première performance. L'expérimentation nous permet de dire que le jeun hydrique et alimentaire diminue la performance des sportifs soumis à un exercice d'intensité maximale progressive . La différence des moyennes des puissances max. de pédalage entre ces deux période est significative ($15 \cdot 10^{-5}$). De même que les temps de pédalage correspondants.

Sujets	Puissance à jeun (w)	Puissance en alimentation (w)
Moyenne	191,67	245,83
Ecart-type	19,46	39,64
Maximum	200	300
Minimum	150	200
Test t= p		15 10 ⁻⁵

Tableau n° 3' : Comparaison des puissances maximales de pédalage durant les deux situations expérimentales. Les moyennes ont été comparées (jeun versus alimentation)

B - Variations de la Pression artérielle

1 /Variation de la pression artérielle (mmHg)en période d'alimentation normale (tableau 7)

Les valeurs de la pression artérielle maximale (P.A max.) et de la pression artérielle minimale (P.A min) au repos et à l'arrêt de l'effort sont représentées dans le tableau 7.

Période Sujets	Repos		Arrêt de l'exercice	
	P.A. max.	P.A. min.	P.A. max.	P.A. min.
Moyenne	123,33	78,75	185,83	87,50
Ecart-type	12,30	10	21,70	9,2
Maximum	140	90	220	100
Minimum	100	60	150	70
Test t de student			2,27 10 ⁻⁶	0,05

Tableau 7 : valeurs moyennes et statistiques des P.A. max. et P.A. min. en alimentation au repos et à l'arrêt de l'effort physique. Les moyennes ont été comparées entre elles (P.A. max. repos versus .P.A. min. à l'arrêt

1°) La P.A max. connaît une augmentation importante, progressive et significative dès la 2^e min de l'épreuve comparée à celle de repos ($4,039 \cdot 10^{-5}$). Cette augmentation se poursuit jusqu'à la 8^e min où elle ne devient plus significative bien qu'encore élevée.

La comparaison des moyennes des P.A max. au repos et celles de P.A max. à l'arrêt de l'effort nous donne un résultat statistiquement significatif ($2,9710^{-6}$) avec PA max. arrêt > P.A max. repos.

La P.A. est le produit du débit cardiaque (DC) et de la résistance périphérique (R)
L'augmentation de P.A. peut résulter de l'augmentation de DC, de R ou des deux (Iovescu, et coll., 1998 ; Caen, et coll., 1978).

La P.A. min. évolue de manière peu significative ou mieux ne varie plus à la 2^e min d'épreuve, en la comparant à celle de repos (0,067). Cette constance de la moyenne de

P.A. min. est constatée durant toute l'épreuve de pédalage, ainsi la DS entre PA min. au repos et la P.A min. à l'arrêt est stable (tableau 7
2°)

RECUPERATION						
Période	5 mn		10 mn		15 mn	
sujets	P.A max.	P.A. min.	P.A max	P.A. min	P.A max.	P.A. min
Moyenne	125,42	72,50	112,92	72,50	117,92	76,67
Ecart type	17,00	12,3	15,00	16,3	10,7	6,2
Maximum	160	90	130	90	140	90
Minimum	100	40	70	40	95	70
Test t de student	2,61 10 ⁻⁶	0,01	0,005	1,00	0,29	0,13

Tableau 7' : valeurs moyennes statistiques des P.A. max. et P.A min. en alimentation durant les 15 mn de récupération. Leurs moyennes ont été comparées entre elles P.A. max. arrêt versus 5 mn ; 5mn versus 10 mn ;10 mn versus 15 mn, ainsi que celles de P.A min.

Lors de la récupération, on note un baisse progressive de P.A max. jusqu'à la 15^e min où elle augmente pour tendre vers la valeur de repos. La D S entre P.A. max. à la 5^{eme} minute (125,42 mmHg) et 10^{eme} min (112,92mmHg) de récupération est peu significative.

La DS entre P.A max. au repos et en fin de récupération n'est pas significative (0,102), la valeur en fin de récupération étant toujours inférieure à celle de repos. Le

même phénomène est observé avec les P.A min. durant les 15 mn de récupération ; (Tableau 7')

Ceci est dû à la perte hydrique de l'organisme, résultat constaté par certains auteurs comme Siche et coll., 1989 ; Buck et coll., 1997.

Après l'effort les mécanismes régulateurs interviennent pour ramener les P.A. max. et P.A. min. à la normale (Iarta; 1999). La restriction de l'eau et du Sodium entraîne une diminution de la P.A.

2 / Variation de la pression artérielle en période de jeun (tableau 8 et 8')

L'évolution de la P.A max. et de la P.A min. chez les 12 sujets au repos, à l'arrêt de l'effort ainsi que les 15 mn de récupération sont représentées dans les tableau n°8 et 8'.

1°) Au repos, la P.A. max. est de 110 mmHg, à la 2^e min elle est de 140,83mmHg, donc elle a augmenté de manière significative ($3,38 \cdot 10^{-5}$). Durant toute l'épreuve de pédalage (après 2 mn) elle augmente peu et tend même à diminuer à la fin de l'épreuve de manière peu significative pour la plupart des sujets. La valeur de repos étant toujours inférieure à celle d'après effort.

La P.A. à jeun augmente avec l'effort conformément aux résultats de la littérature (Andersen et coll. 1999 ; Craplet, 1986).

Période sujets	Repos		Arrêt de l'exercice	
	P.A. max.	P.A. min.	P.A. max.	P.A. min
Moyenne	110	71,67	150	77,50
Ecart type	12,24	8,97	18,25	12,99
Maximum	130	90	190	100
Minium	90	60	120	60
Test t de student			$9,85 \cdot 10^{-6}$	0,22

Tableau 8 : valeurs moyennes et statistiques des P.A. max. et des P.A. min. à jeun.

Leurs moyennes ont été comparées entre elles : P.A. max. repos versus arrêt ; P.A. min. repos versus arrêt.

La PA min aussi augmente dès le début de l'exercice de manière significative ($t= 0,0008$). Elle varie ensuite très faiblement durant le reste de l'épreuve ainsi la comparaison des P.A. min entre le repos et l'arrêt de l'effort n'est pas significative (0,223).

Ce qui nous permet de dire que durant un exercice d'intensité maximale progressive à jeun, la P.A. min n'est pas beaucoup affecté d'après notre étude.

2°)

RECUPERATION						
Période	5 mn		10 mn		15 mn	
	P.A. max.	P.A. min.	P.A. max.	P.A. min.	P.A. max	P.A. min.
Moyenne	119,58	69,17	111,25	70,83	106,25	65,83
Ecart type	12,00	9,5	9,20	10,30	10,70	6,4
Maximum	145	80	130	80	140	80
Minimum	100	50	100	50	95	60
Test t de student	4,65 10 ⁻⁵	0,034	0,004	0,438	0,074	0,05

Tableau 8' : valeurs moyennes statistiques des P.A. max. et P.A min. en période de jeun durant les 15 mn de récupération. Leurs moyennes ont été comparées entre elles P.A. max. arrêt versus 5 mn ; 5mn versus 10 mn ;10 mn versus 15 mn, ainsi que celles de P.A min.

A l'arrêt de l'exercice, dès la 5^e mn de repos on constate une baisse importante et significative des P.A. max. et P.A. min ce qui est conforme aux résultats de la littérature (Weineck, 1995 ; Craplet, 1986). Cette baisse reste toujours significative à la 10^{ème} mn pour la P.A. max. mais tend à la valeur de repos à la 15^e mn (tableau 8'). Après 15 mn de récupération, on constate que P.A. max. est plus faible que celle de repos avant effort.

Cette baisse de P.A. max. après effort par rapport au repos est entraînée par la sudation. (Shin et coll. 1998 ; Lin et coll., 1972, kockel et coll., 1984).

On constate que la P.A. min augmente légèrement à la fin de l'exercice puis diminue à la 15^e mn de récupération (tableau 8'), (Kator, et coll., 1996, Andersen, et coll. , Walker, 1972).

A la fin de la récupération, on constate que la P.A. min. devient plus basse que celle de repos d'avant effort ; cette baisse est aussi provoquée par la sudation des sujets (Kator, et coll., 1996 ; Walker, 1974 ; Mallion, et coll., 1974).

La diminution de P.A. max. et P.A. min. pendant la récupération en période de jeun peut être due à un état de déshydratation. L'effort physique provoque une sudation avec une perte hydrique importante , du fait du ramadan cette perte n'est pas compensée.

3/ Comparaison des P.A. (mmHg) à jeun et en période d'Alimentation

normale (tableau 9 et 9')

période sujets	Pression art. maximale	
	Repos jeun	Repos alimentation
1	120	130
2	100	100
3	100	130
4	100	140
5	120	110
6	110	120
7	100	120
8	110	130
9	130	140
10	90	115
11	130	135
12	110	110
Moyenne	110	123
Ecart- type	12,24	12,30
Test t de student		0,0076

période sujets	Pression art. minimale	
	Repos jeun	Repos alimentation
1	70	90
2	70	60
3	60	90
4	70	70
5	70	80
6	70	80
7	60	70
8	80	90
9	80	90
10	60	70
11	90	85
12	80	70
Moyenne	71,67	78,75
Ecart- type	8,93	10
Test t de student		0,06542

Tableau 9

tableau 9'

Tableau (n°9 et 9') : valeurs moyennes et statistiques des P.A.max. et des P.A. min.

Les moyennes des P.A. max. ont été comparées entre elles (repos jeun versus repos alimentation) et celles des P.A. min. entre elles (repos jeun versus repos alimentation)

L'exploitation des tableaux 9 et 9' nous permet de constater une augmentation de la P.A. au repos de l'alimentation par rapport à la P.A. max. au repos à jeun avec une différence significative (0,0076). Cette baisse pourrait être liées à la restriction hydrique durant le jeûne. Cette puration tend à diminuer le volume plasmatique, donc le débit cardiaque tend à baisser la P.A.

$$\text{Loi de POISEUILLE : } P.A. = Q \cdot R$$

Q = Débit cardiaque

R = Résistance vasculaire

Cependant au niveau de la P.A. min. même s'il y a augmentation au repos à l'alimentation par rapport à la P.A. min. au repos à jeun, n'est pas significative (tableau 9').

Les mêmes résultats sont observés à l'arrêt de l'exercice à jeun par rapport à l'alimentation pour les P.A. max. et P.A. min. P.A. max. alimentation > P.A. max. jeun (voir tableau 10 et 10')

Période Sujets	Pression art. maximale	
	Arrêt jeun	Arrêt alimentation
1	190	200
2	140	150
3	160	190
4	140	200
5	140	220
6	130	220
7	120	160
8	140	190
9	170	180
10	160	190
11	160	160
12	150	170
Moyenne	150	185,83
Ecart-type	18,25	21,70
Test t de student		0,0013

Période sujets	Pression art. minimale	
	Arrêt jeun	Arrêt alimentation
1	90	80
2	70	80
3	60	90
4	60	100
5	80	80
6	70	100
7	80	80
8	60	100
9	90	90
10	100	90
11	90	70
12	80	90
Moyenne	77,50	87,50
Ecart-type	13	9,2
Test t de student		0,1183

Tableau 10

Tableau (n°10 et 10') : valeurs moyennes et statistiques des P.A. max. et des P.A. min. Les moyennes de P.A. max. ont été comparées entre elles (arrêt jeun versus arrêt alimentation) et celles de P.A. min entre elles (arrêt jeun versus arrêt alimentation).

L'analyse des tableaux (7,8,9 et 9'), nous permet de constater que durant les 2 situations expérimentales, il y a une augmentation des P.A. max. à l'effort comparées à celle au repos. Par contre l'augmentation qui est constatée avec les P.A. min. n'est pas statistiquement significative d'après le test de student.

Durant les 15 mn de récupération, on note que P.A. max. en alimentation est supérieure que P.A. max. à jeun avec une différence statistiquement significative (0,032). De même P.A. min à alimentation > P.A. min. à jeun (t = 0,0006).

Ces constats nous amènent à dire que le jeûne a un effet sur les variations de la pression artérielle. La restriction hydrique lors d'un effort physique peut provoquer une

déshydratation avec tendance à la baisse de la volémie : Cela pourrait engendrer un défaut de régulation de la P.A. à l'effort physique pendant le Ramadan.

C - Variations de la Glycémie

1/ Variation de la glycémie (g / l) lors de la période d'alimentation normale

(tableau 11)

Les principaux résultats obtenus sur la glycémie se résument comme suit :

- La glycémie au repos est plus élevée en période d'alimentation normale qu'en période de jeûne.
- En période d'alimentation normale, la glycémie baisse à l'effort physique, comparée au repos cette baisse est significative.
- Par contre lors de la période de jeûne, la glycémie ne baisse pas pendant l'effort physique comparée au repos

Glycémie en période d'alimentation normale (g / l)		
Période	Repos	Arrêt de l'effort
Moyenne (g/l)	1,08	0,94
Ecart type	0,16	0,0 5
Maximum (g/l)	1,43	1,01
Minimum (g/l)	0,84	0,84
Test t de student		0,004

Tableau n°11: valeurs moyennes et données statistiques de la glycémie en période d'alimentation normale. Les valeurs de t représentent la comparaison des moyennes des glycémies repos versus alimentation

La comparaison des glycémies au repos et à l'arrêt de l'exercice montre qu'il y a une baisse significative (0,004).

Dans les conditions d'alimentation normale, les besoins en glucose de la cellule animale, sont fournis par l'apport alimentaire quotidien. La glycémie doit être telle que la diffusion intracellulaire de glucose dans les différents tissus reste assurée. Au cours d'une activité, on assiste à une augmentation des besoins en glucose des tissus périphériques (due à une stimulation de l'entrée du glucose dans les muscles), les besoins en glucose du système nerveux central restent constants. L'utilisation du glucose sanguin par les cellules est donc associée à une baisse de glycémie (Galbo, et coll., 1979) et entraîne également la fatigue du sujet (Coyle, et coll. 1989, Costill, et coll., 1990).

Nous avons constaté dans notre étude une baisse de la glycémie après l'épreuve physique à cette période. Toutefois selon Ahborg, et coll. (1976) alors que les hydrates de carbone sont ingérés, l'hypoglycémie ne survient pas car la glycémie est régulée efficacement durant plusieurs heures d'exercices d'intensité faible.

2/ Variation de la glycémie à jeun (tableau 12)

Glycémie (g / l) à jeun		
Temps	Repos	Arrêt de l'effort
Moyenne	0,91	0,97
Ecart type	0,04	0,08
Maximum	0,98	1,13
Minimum	0,83	0,84
Test t de student		0,02

Tableau 12 : valeurs moyennes et données statistiques de la glycémie en période de jeun. Les valeurs de t représentent la comparaison des moyennes des glycémies repos versus alimentation

Toujours en utilisant le test de student, on note qu'il y a une augmentation significative (0,021) entre les valeurs des glycémies au repos par rapport à l'arrêt d'exercice.

Chez l'homme normal effectuant un exercice physique soit en période d'alimentation normale, soit à jeun, on assiste à une augmentation importante des besoins en glucose des tissus, du fait de l'accroissement du métabolisme énergétique musculaire. Il y a

une augmentation de la quantité de glucose qui entre dans le muscle strié. (Balson, et coll., 1992 Gaitamos, et coll. 1992) Cette augmentation des besoins en glucose des tissus devient important lorsque le sujet exerce un effort physique à jeun.

Dans ce cas l'apport exogène de glucose étant supprimé, l'organisme doit recourir dans une première phase à la glycogénolyse pour recharger la glycémie. Cette hypothèse de mise en route de la glycogénolyse par l'organisme est étayée par les résultats de Jøgens, et coll. 1984) et de Nassis, et coll. (1998).

Certains travaux ont montré aussi que le taux de glycogène musculaire chute durant l'exercice physique (Richter, et coll. 1986). Cependant, ces auteurs ont observé que malgré la probable réduction du glycogène hépatique chez les sujets à jeun, la concentration du glucose sanguin subit des augmentations, comparées à des sujets non-jeûneurs, suite à un exercice physique d'intensité maximale.

De tels exercices provoquent un épuisement physique des sujets (Cissé, et coll., 1992 ; Cissé, et coll. 1993).

3/ Comparaison des glycémies (g / l) à jeun et en alimentation normale

(tableau 13et 13')

- les tableaux 13 et 13 montrent les variations de la glycémie, ils nous donnent les valeurs comparatives des glycémies au repos comparées à celles d'alimentation normale et aussi l'arrêt dans les deux situations expérimentales.

La comparaison des glycémies au repos durant les phases expérimentales montre qu'elle est supérieure en alimentation qu'en période de jeûne et de manière statistiquement significative (tableau 13).

	Repos jeun	Repos alimentation
1	0.89	1.23
2	0.85	0.84
3	0.91	1.08
4	0.95	0.84
5	0.91	1.11
6	0.94	1.10
7	0.98	1.13
8	0.87	1.16
9	0.97	0.91
10	0.83	1.07
11	0.93	0.99
12	0.92	0.99
Moyenne	0.91	1.08
Ecartype	0.04	0.16
Test t de student		0.00573

Tableau 13

	Arrêt jeun	Arrêt alimentation
1	1.11	0.99
2	0.93	0.88
3	0.91	0.91
4	0.87	0.85
5	0.97	0.88
6	1.00	0.98
7	1.13	0.99
8	0.92	1.01
9	1.08	0.95
10	0.84	0.95
11	0.99	0.88
12	0.92	1.01
Moyenne	0.97	0.94
Ecartype	0.08	0.05
Test t de student		0.2391

Tableau 13'

Tableau (n°13 et 13') : valeurs moyennes et statistiques des glycémies durant les deux phases expérimentales. les valeurs de t correspondent aux comparaisons des moyennes de glycémie repos jeun versus repos alimentation ; arrêt jeun versus arrêt alimentation .

1) Au cours du jeûne alimentaire et hydrique la glycémie baisse au repos. Dans ces conditions, les besoins en glucose des tissus périphériques et centraux restent stables. La baisse de la glycémie est due à l'abstinence alimentaire qui entraîne une suppression de l'apport exogène du glucose. En effet, seul l'apport endogène sera mise en œuvre pour assurer l'approvisionnement des tissus en glucose d'où la baisse de la glycémie.

Cette baisse de la glycémie au repos constaté à jeun par rapport à la glycémie au repos en alimentation est en accord avec les études de Dohm, et Coll., 1986 ; Nilson, et coll., 1973 ; Gleeson, et coll., 1998. Ces auteurs ont trouvé qu'une journée de jeun épuise presque toutes les réserves de glycogène hépatique Gleeson, et coll., ont même été plus précis en montrant, chez l'homme, qu'une période de jeun de 24 h peut réduire

le glycogène hépatique de 10 à 20% par rapport à la teneur hépatique en glycogène en état d'alimentation normale au repos.

Cette baisse importante des réserves de glycogène lors du jeûne peut entraîner une altération des performances lors des activités physiques chez les sujets jeûneurs (Gleeson, et coll., 1998).

2) A l'arrêt de l'exercice au cours des deux périodes, on constate qu'il n'y a pas une différence significative des glycémies (tableau 13'). En fin d'exercice chez le sujet jeûneur on trouvait un glycémie qui augmentait peu (0,91 / 0,97), alors qu'en alimentation elle diminuait considérablement à l'arrêt de l'exercice(1,08 / 0,94).

3) Chez le sujet jeûneur, la glycémie au repos était peu différente de celle d'après effort alors que la glycémie élevée à l'alimentation diminuait après effort ce qui fait les différences ne soient pas significatives.

D -Variations de la température centrale (tableaux 14 et 15)

1/ variations de la température centrale (°C) en période d'alimentation normale (tableau 14)

A cette période, au cours de l'effort on constate que la température centrale augmente régulièrement en fonction du temps jusqu'à la fin de l'épreuve (10 à 12 min). Les moyennes de la température centrale au repos étant plus faible que les moyennes à arrêt (tableau 14).

L'exercice musculaire s'accompagne d'une production de chaleur et 80 à 85 % en moyenne de l'énergie totale utilisée pour produire du travail mécanique apparaît obligatoirement sous forme de chaleur. Cette chaleur va se présenter comme un déchet, c'est à dire un sous produit du fonctionnement musculaire sans intérêt physiologique et qui doit obligatoirement être évacué pour respecter l'homéostasie. L'élévation de la température musculaire atteint jusqu'à $1^{\circ}\text{C mn}^{-1}$ durant la phase initiale d'un exercice intense (Lacour, 1992).

			Récupération		
Période	Repos	Arrêt	5 mn	10 mn	15 mn
Moyenne	36,96	37,23	37,17	37,32	37,32
Ecart-type	0,34	0,40	0,73	0,69	0,70
Maximum	3,67	37,94	38,16	38,26	38,28
Minimum	36,56	36,63	35,75	36,00	35,94
Test t de student		0,00054	0,015	0,101	0,621

Tableau 14 : valeurs moyennes et statistiques de la température centrale au repos, à l'arrêt de l'effort et durant les 15 mn de récupération en alimentation.

2 / Variation de la température centrale (°C) en période de jeun (tableau 15)

On note que la température centrale au cours de l'effort augmente de manière significative. En effet la comparaison de la température de repos à la 2 mn est notoire (0,03). Ce constat se poursuit jusqu'à la 6^e min. où elle connaît une baisse. Bien qu'elle soit plus faible à arrêt de l'exercice (tableau 15)

			Récupération		
Période	Repos	Arrêt	5mn	10 mn	15 mn
Moyenne	36,76	7,24	37,15	37,27	37,31
Ecart type	0,49	0,39	0,73	0,72	0,65
Maximum	37,40	37,68	3,91	38,00	38,05
Minimum	36,00	36,69	35,45	3,33	35,58
Test t de student		0,0040	0,023	0,091	129

Tableau 15: valeurs moyennes et statistiques de la température centrale au repos, à l'arrêt de l'effort et durant les 15 mn de récupération à jeun.

Dans les deux conditions de travail aussi bien en alimentation normale qu'en période de jeûne alimentaire on assiste à une augmentation progressive de la température centrale.

Nous constatons aussi durant les 15 mn de récupération après effort physique dans les deux phases une augmentation progressive de la température centrale. Les D S sont significatives durant les 10 premières minutes mais restent pratiquement stables à la 15^e de récupération.

L'étude comparative de la température centrale au repos dans les deux conditions de travail montre une différence significative.

La température centrale est plus élevée en période d'alimentation qu'en période de jeûne du Ramadan.

En effet cette augmentation de la température centrale est essentiellement due à la thermogénèse induite par l'alimentation. Ainsi l'alimentation majore de façon significative la température centrale après le petit déjeuner mais surtout après le

déjeuner et l'élévation thermique, se maintient sur une période assez longue de 6 heures. (Cissé, et coll., 1997).

Le jeûne du Ramadan a un rôle ambivalent d'une part, la suppression momentanée de l'ingestion de nutriments entraîne une réduction des apports énergétiques calorigènes, allégeant d'autant le processus de thermolyse ce qui est avantageuse. D'autre part par contre, le suppression momentanée de l'apport hydrique déséquilibre le bilan de l'eau dans les conditions modérément contraignantes.

E - Poids corporel (kg) tableau (16)

Le poids de chaque sujet est déterminé avant et après l'épreuve physique durant les 2 phases d'étude (tableau 16).

	Poids en alimentation normale au repos	Poids en alimentation normale après effort	Poids à jeun au repos	Poids à jeun à après effort
Moyenne	65,95	65,30	64,92	63,83
Ecart type	6,72	6,72	6,34	6,26
Maximum	74,50	74,00	73,00	72,50
Minimum	54,00	53,50	54	53
Test t de student	1,39 10⁻⁶	0,01	0,03	3,22 10⁻⁵

Tableau 16 : valeurs moyennes et statistiques du poids des sujets durant les deux phases expérimentales.

En période d'alimentation normale, on constate qu'à l'arrêt de l'exercice le poids a diminué de manière significative par rapport au poids initial de repos ($1,39 \cdot 10^{-6}$).

- Le même phénomène de perte pondérale est observé au cours du jeûne. La DS d'avant et après effort physique est aussi significative ($3,22 \cdot 10^{-5}$).
- On constate aussi que le jeûne à diminuer le poids corporel des sujets de manière significative comparée à la période d'alimentation normale (0,03). La comparaison des poids corporels à l'arrêt de l'exercice montre également une différence significative (0,01).

Ainsi dans les situations expérimentales, le poids des sujets, déterminé après effort physique, a diminué de façon nette par rapport au poids corporel observé au repos. Cette situation est due à une perte hydrique intensive et qui peut avoir pour conséquence un défaut de récupération.

CONCLUSION

Notre étude a consisté lors d'un exercice maximal par paliers progressif au laboratoire, à étudier les variations des grandeurs circulatoire, respiratoire, thermiques, ainsi que celle de la glycémie sur des sujets sportifs de l'I.N.S.E.P.S. Les sujets étudiés étaient bien entraînés et parfaitement adaptés au climat tropical. Ils avaient une moyenne d'âge de 23 ans, 178,5 cm de taille, et 65,44 kg de poids.

-La fréquence cardiaque, la température centrale et la pression artérielle ont été mesurés au repos, durant l'épreuve de pédalage à la fin de chaque palier, et toutes les 5mn des 15mn de récupération.

-La glycémie mesurée au repos et à l'arrêt de l'effort.

-Le poids était mesuré au repos et après effort et la taille en début d'expérimentation.

Le test s'est déroulé dans deux situations expérimentales : en période d'alimentation normale et en période de jeun complet de l'aube au coucher du soleil. Les mesures ont été faites à une température ambiante de confort avec un degré hygrométrique satisfaisant.

Cette étude nous a permis de disposer d'informations plus complètes et comparables concernant les paramètres analysés, mais aussi a l'avantage d'avoir une certitude que les groupes expérimentaux sont relativement homogènes sur le plan biologique.

A l'issue de notre expérimentation nous avons constaté qu'en période de jeun, la glycémie connaissait une baisse importante par rapport à la période d'alimentation normale. Cet effondrement du taux de sucre dans le sang est dû à l'épuisement des réserves de glycogène par les dépenses d'entretien de l'organisme. La baisse de performances constatée pendant le ramadan est la conjugaison entre cette baisse de la

glycémie d'une part, l'accumulation excessive de métabolites dans l'organisme issus de cette dégradation et la restriction hydrique.

Au cours d'un jeûne alimentaire et hydrique lors d'une épreuve physique intensive, on assiste à une augmentation des besoins en glucose des tissus, du fait de l'accroissement du métabolisme énergétique musculaire et à cet instant l'apport exogène en glucose étant supprimé, seul l'apport endogène sera mis en oeuvre pour charger la glycémie et ainsi assurer l'approvisionnement du cerveau en glucose.

Nous faisons un travail dans une ambiance de confort thermique. Nous avons noté cependant une sudation importante avec perte d'eau importante non compensable pendant le ramadan.

La conclusion à tirer est que l'exercice musculaire intense produit une énorme quantité de chaleur qui ne peut être évacuée que par une forte évaporation ce qui entraîne une grosse perte d'eau du secteur extracellulaire.

A la lumière de notre expérimentation, dont certains résultats sont étayés par certains auteurs dans la revue bibliographiques, nous tirons un certain nombre de conclusion :

- En période de jeun de ramadan, la pratique de l'activité physique intensive pourrait provoquer une baisse de la glycémie si l'activité est prolongée,
- La température centrale ne subissait pas une forte augmentation quand la durée de l'épreuve n'était pas longue.

Ces constatations interpellent les médecins de sport, les encadreurs sportifs de même que les professeurs d'éducation physique et sportive, qui pourraient conseiller à la population et aux sportifs en particulier d'arrêter toute épreuve physique intensive et de longue durée durant le ramadan. L'entraînement peut continuer pendant le ramadan, cependant les compétitions pourraient être suspendus.

- 1- **Ahlborg, G., Felig, P.** Influence of glucose ingestion on fuel. Hormone response during prolonged exercise. *J. Appl Physiol.* 1976. 41 : 683 – 688

- 2- **Andersen, U.B., Dige, et Petersen H., Ibsen, H. ; Skott, P., Bruun ,N.E, Vestergaard, H., Gihistran Sen, C.** Insuline resistance, exercice capacity and body composition in subject which two hypertensive parents *journal of hypertension*. 1999 – vol 17 : pp. 1273 – 1280.

- 3- **Astrand, P.O, Rodahl.** *Précis de physiologie de l'exercice musculaire.* Traduction française par J.R. Lacour en 1980. Masson. Paris 1972. 507 p.

- 4- **Bigard, A.X. Satabin, P., Lavier, P.** The effect of sleep deprivation during prolonged exercise at moderate altitude on performance and plasma amino acid pattern. *Eur J Appl Physiol* 1993 : 66 : 5 – 10

- 5- **Bulbulian, R., Heaney, J.H., Leake, C.N.** The effect of sleep deprivation and exercise load on isokinetic leg strength and endurance. *Eur J Appl Physiol* 1996 : 73 : 227-7

- 6- **Buck worth ,J., Convertino, V.A., Cureton, R.J., Dishman, RK.** Increased lung arterial blood pressure after exercise training in women with parental hypertension : autonomic tasks. *Acta physiologica Scandinavica* : 1997. Vol 160

- 7- **Caen, J.L., Faurie, A., Debru, J.L., Doyon, B., Cau, G., Mallion, J.P.** Reproductibilité des mesures de la tension artérielle et de la FC lors de l'épreuve. Intérêt et Application. *Arch mal Cœur. Vaiss* : 1978. vol 71 pp. 47-52

- 8- **Cahill, M., Herrera, A., Morgan., J., Soeldner, J., Steike, P., Levy, G., Reichard, and Kipnis.** Hormone fuel interrelationships during fasting *J Clin Investi* 45 : 1769. 1966

- 9- **Cissé, F., Fall A., Gueye, M., Faye J., Samba, A., Martineau, J.P.** Effet du jeun hydrique et alimentaire sur les performances physiques au laboratoire. *Médecine du sport* : 1992 : vol 66 pp. 123- 126.

- 10- **Cissé ,F., Martineau, J.P., Gueye, Lamine., Seck, G, S., Ndoye, R., Samba, A., Seck, D.** Evolution de la température rectale sur 24h en climat chaud avec et sans apport nutritionnel. *Dakar médical*. 1997.42.p :19-24.

11- **Cissé, F.** Les modifications de la glycémie lors d'un effort physique sous-maximal chez des sujets sportifs pratiquant le jeun du ramadan. Thèse de pharmacie, n°70, 2000, Dakar.

12- **Costill, D. L., Hargreaves, M.** Carbohydrate nutrition and fatigue
Fatigue in sport and exercise. Melbourne, Australia. 1990 :56 – 61

13- **Craplet, C., Craplet, P.** Physiologie de l'activité sportive. Vigot. Paris. 1986
427 p.

14- **Cryer, P.E., Wilson, J. D., Forster, D. W.** Glucose homeostasis and hypoglycemia. Williams textbook of endocrinology. In Welson J. D., Foste, D. W. Oxford Medical Publication. Philadelphia. 1992. 8 : 1223 – 1253

15- **De Greforio F.** Le métabolisme des glucides et les hypoglycémies
Revue médical de liège. 1997. 52 (10) : 649 – 656.

16- **Dohm, G. L. R T, Becker, R. G. Israel, and E. B. Rappscott.** Metabolic responses to exercise after fasting J Appl Physiol. 61 : 1363-1368. 1986.

17- **Ericksen, M. ,Waalder, B.A.** Priority of blood flow to splanchnic organs en humans during and post-meal exercise. Acta physiol. Scand 1994 pp. 363 – 372.

18- **Fox, E-L, Malthews, D-K.** Bases physiologiques de l'activité physique.
Traduction française par François Péromet en 1981. Vigot. Paris. 1984 –
404 p.

19- **Gaitamos, G., Williams,C., Boodis, I.** Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. Euro. J. Appli. Physiol. 1992. 72 : 712 – 719.

20- **Galbo, H., Holst, J..J., Christensen ,N. J.** The effet of different diest and insulin on the hormonal repense to prolonged exercise. Deta physiol. Scand. 1979. 107 : 19 – 32.

- 21- Galbo, H., Holst, J.J., Christensen, N. J.** The effect of different diets and insulin on the hormonal response to prolonged exercise. *Acta Physiol. Scand.* 1979, 107 : 19 – 32.
- 22- Garber, A., P. Menzel, G. Boden, and O. Owen.** Hepatic ketogenesis and gluconeogenesis in humans. *J Clin Invest.* 54 ; 981-989, 1974.
- 23- Garnier, A., Rouillon, J.D.** *Biologie Appliquée au sport.* Amphora s.a, Paris, 1991, 149 p.
- 24- Gleeson, M., Greenhalf, P. R., Maughan, R. Y.** Influence of 24h fast on high intensity cycle exercise performance in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 1998, 57 (6) : 653 – 659.
- 25- Hagenfeld, L.** Metabolism of fatty free acids and ketone bodies during exercise in normal and diabetic man. *Diabetes* 28, Suppl. 1 : 66-70, 1974
- 26- Havel, R. J., L. A. Carlson, L. G. Eklund, and A. Horlmgren.** Turnover rate and oxidation of different FFA in man during exercise *J Appl. Physiol.* 19 : 613-618, 1964
- 27- Herman, H., Cie, J.** Besoins en glucides et la place des glucides dans la ration alimentaire. *Précis de physiologie.* Masson, Paris – Milan – Barcelone – Mexico, 1989 : 51- 54
- 28- Hultman, E.** Physiological rôle of muscle glycogen in man with special reference to exercise. In *Physiology of Muscular Exercise*, edited by C B Chapman. Dallas, TX : American Heart Assoc ; 1967, vol 15.
- 29- Hultman, E. and L. Nilsson.** Liver glycogen in man. Effect of different diets and muscular exercise. *Adv Exp Med Biol* 11 : 143-151, 1977.
- 30- Iartia, P.** Hypertension artérielle d'effort. *Brachora*, Paris, 1999, pp.13 –13
- 31- Iovescu, D., Cottin, Y., Berteau, O., Mouallem, J., Ressenecourt, Q. Candé, F., Casillas, J.M., Louis, P., Wolf, J.E.** Comparaison des échanges gazeux et des variables hémodynamiques au cours de deux types d'épreuve d'effort : cycloergométrie et table ergométrique. *Arch. Mal. du cœur et des vaisseaux* ; 1998 ; pp 855-861.

- 32- Jörge, V., Kemmer, F., Berger, M.** Sport, Exercice et Diabète. Reconnaître, comprendre, traiter (diabète sucré). In Catellier C., TchoBroutsky G., Assal J.P., Lefèbre P., Renold A., Slama G., Unger R. Edisen, Quebec, 1984 : 219.
- 33- Joseph, J.K. ; Carol, N. M. ,Bruce, H. J. ; Linda, S., Vernon, R. Y. and William, J. E.** (1958). Influence of fasting on carbohydrate and fat metabolism during rest and exercise in men. *Journal of Applied – physiology.* 64 (5), pp 1923 – 1929.
- 34- Kochel, J.P., Kira, Y. , Gordan, E.E. , Morgan, H. E.** Effect of non carbohydrate substrates on protein synthetics in heart from fed and fasted asects – *journal of muscular and cardiology*, 1984 ; vol 6 ; pp. 371 –383
- 35- Kruh, J.** Mise en réserve de l'énergie : les glucides. *Etudes médicales biologiques (II métabolisme)*, Herman. Paris, 1989, p : 105 – 120.
- 36- Kulics, J.M, Collins, H.L, Dicarlo, S.E.** Post exercice hypotension in medicated by deduction in sympathetic nerve activity. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology* ; 1998 ; vol 45 pp 112 – 113
- 37- Lacour, J.R.** *Biologie de l'exercice musculaire.* Masson, Paris, 1992, Paris. 236 p.
- 38- Lin mt, yin TH.; Chai, Cy.** Effets du chauffage et du refroidissement de la moelle épinière sur les réponses cardiovasculaires et respiratoires et sur la consommation d'eau et de nourriture. *Amer. J ; physiol.* 1972 vol 223 pp. 626 – 637
- 39- Loy, S. F., R.K. Conlec, W. W. Winder, A. G. Nelson, A. D.Small, and G. Fisher.** Effects of 24 hour fast on cycle endurance time at two different intensities. *J Appl. Physiol* 61 : 654-159 , 1986
- 40- Mallion, J.M., Debru, J.L., Miklet, F., Averou, F.,Cau, G.,Muller, J.M.** Mesure du profil tensionnel d'effort normal. Applications pratiques chez l'hypertendu. *New- Presse* 1974. Vol 3, pp. 2003 –2006
- 41-Marone, S.** Effets du jeûne hydrique et alimentaire sur les grandeurs thermiques lors d'un exercice sous maximal. *INSEPS, Dakar, 2000.*
- 42-Martinaud, J. P., Cissé, F., Gueye , M., Fall, A., Samb, A.** Effet du jeûne hydrique et alimentaire sur les performances physiques au laboratoire. *Dakar médical*, 1985, 1-2-3-4 (30) ; 65.

- 43- **Monod, H., Flandrois, R.** Adaptation circulatoire à l'exercice,. Physiologie du sport. Bases physiologiques des A.P.S.Masson, Paris, 1990 p. 36-41
- 44- **Monod, H., Flandrois, D.** Physiologie du sport. Masson, Paris, 1992. 267 p.
- 45- **Monod, H., Flandrois, D.** Adaptation respiratoire et circulatoire à l'exercice physique. Masson, Paris 1994. 32 –61
- 46- **Nassis P., Williams, G. C., Chisnall, P.** Effet of carbohydrate electrolyte drink on endurance capacity during prolonged entermittent hight intensity running. British journal of sport Medecine, 1998, 32 (3) : 248 – 252
- 47- **Nilson, L. And E. Hultman.** Liver glycogen in man the effect of total starvation or a carbohydrate poor diet followed by carbohydrate refeeding. Scand J Clin Lab Invest. 32 : 325-330, 1973
- 48- **Owen, O. E., P. Felig, Morgan, J. Warhen and G.F. Cahill.** Lver and kidney metabolism during proloded starvation J Clin Invest 48 : 574-583, 1969.
- 49- **Owen, O.E. and G. A. Reichard.** Human forearm metabolism during progressive starvation J Clin Invest 50 : 1536-1545, 1971.
- 50- **Pacy, P.J., Cox, M., Khaloulha, M., El kinis S., Robeson, A.C., Garrow, J.S.** Does moderate aerottric activity have stimulatory effect on resting energy expenditure : a direct colorimeter study.
Int, J. food. Sci Nutr, 1996, jul ; pp. 289 –305
- 51- **Paul, P. And W.M. Borth.** Turnover and axidation of plasma glucose in lean and obese humans. Metabolism 18 : 570-584, 1969
- 52- **Richter ,E., A. Glabo.** High glycogene levels en glycogen break down in insolated contracting sketetal muscle. Journal of appleid physiology, 1986, 61 : 827-831
- 53- **Samueloffs, Beer G, Blon dhei' m SH 1982.** Influence of physical activity on the thermic effect of blood en young men.
Isr. J Med. Sci. 1982, vol 18 ; pp. 193 – 196

54- **Sotta, C.** Regulation de la glycémie. Lyon pharmaceutique, 1997, 48(1) : 14 – 24

55- **Shiche, J.P., Mansour, P., De Gaudemaris, R., Mallion, J.M.** Etude de la compliance artérielle à l'effort chez l'hypertendu et les sujets normaux de même âge. Arch. Mal du cœur et des Vx – 1989 ; Vol 82 p.1077 1082

56- **Symons, J.D., Jacobs, I.** High intensity exercise performance is not impaired by low intramuscular glycogen. Med Sci Sports Exerc 1989 ; 21 : 550- 7

57- **Walker, ARP** (l'endurance pompe). Amer-Heart ,1972 ,vol 84, pp 585 – 587.

58- **Weineck ,J.**

La pression sanguine et sa régulation Biologie du sport.

Vigot ,Paris , 1992, pp. 119 – 122.

