

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'EDUCATION
NATIONALE
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP
DE DAKAR

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

MEMOIRE DE MAITRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES
DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DU SPORT
(S.T.A.P.S.)

THEME :
**EVALUATION DE L'APTITUDE PHYSIQUE
DES PATIENTS DIABETIQUES
INSULINODEPENDANTS**

Présenté et soutenu par :
IBRAHIMA FALL

DIRECTEUR DE MEMOIRE :
DOCTEUR LAMINE GUEYE,
Assistant à la Faculté de Médecine de
l'Université Cheikh Anta Diop

Année Académique : 1995 - 1996

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'EDUCATION
NATIONALE
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP
DE DAKAR

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

MEMOIRE DE MAITRISE ES-SCIENCES ET TECHNIQUES
DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DU SPORT
(S.T.A.P.S.)

THEME :
**EVALUATION DE L'APTITUDE PHYSIQUE
DES PATIENTS DIABETIQUES
INSULINODEPENDANTS**



Présenté et soutenu par :

IBRAHIMA FALL

DIRECTEUR DE MEMOIRE :

DOCTEUR LAMINE GUEYE,

Assistant à la Faculté de Médecine de
l'Université Cheikh Anta Diop

Année Académique : 1995 - 1996

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

- Mon père LAMINE FALL
- Ma mère Fatou SARR
- Mes tantes AWA DIA ET NOGAYE BAAL,
qui m'ont éduqué avec amour et rigueur.
- Mes frères et sœurs pour la sympathie et le soutien qu'ils
n'ont jamais cessé de m'apporter.
- Ma sœur et copine de classe Anta Bouya THIAM
- Ma chère amie Khoudia GUEYE
- Tous mes camarades de promotion
- A tous les patients diabétiques

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

Nous remercions tout particulièrement :

- Le Docteur Lamine GUEYE d'avoir bien voulu diriger ce travail
- Le Professeur Fallou CISSE
- MM Moussa GUEYE
Djibril SECK
Assane FALL

pour leur conseils et leur apport matériel

- L'Administration de l'INSEPS, pour nous avoir permis d'utiliser le matériel du laboratoire de physiologie.
- Monsieur Mbargou FAYE, Mr. Grégoire DIATTA et Mme Anasthasie DIAKHATE.

Nos remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel du Centre antidiabétique Marc SANKALE de Dakar, plus particulièrement :

- au Professeur M. Amadou Moustapha SOW, Directeur du Centre
 - au Professeur Said Nourou DIOP, maître de conférence
 - à Monsieur Mamadou FALL, assistant social
- mais aussi à tous les diabétiques qui ont participé à ce travail, en particulier : MM : Baye Omar GUEYE et Idrissa SECK.

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE</u>	
<u>CHAPITRE I : RAPPELS PHYSIOPATHOLOGIQUE ET EPIDEMIOLOGIQUES DU DIABETE SUCRE.</u>	3
A - Physiopathologie du diabète	3
A - 1 - Définition	3
A - 2 - Classification	3
B - Epidémiologie du diabète sucre	4
C - Les complications dégénératives du diabète	4
C-1 - Les complications cardiovasculaires	5
C-2 - Les complications rénales	5
C-3 - Les complications neurologiques	5
C-4 - Les complications oculaires	5
D - Pratique sportive et complications dégénératives	6
<u>Chapitre II : METABOLISME ENERGETIQUE DE L'EXERCICE MUSCULAIRE</u>	
A - Métabolisme énergétique et adaptation à l'effort chez le sujet normal	7
A - 1- Mobilisation des substrats énergétiques	7
A - 2- Rôle des hormones pancréatiques	8
B - Adaptation métabolique lors de l'exercice physique chez le diabétique insulino dépendant	10
B - 1- Mobilisation des substrats énergétiques	10
B - 2- Importance de l'imprégnation insulinique	11
<u>Chapitre III : L'APTITUDE PHYSIQUE</u>	
A - Définition	12
B - Les facteurs de l'aptitude physique	12
C - Les composantes de l'aptitude physique	13
D - Evaluation de l'aptitude physique	13
D - 1- Epreuves ayant pour critère la récupération cardiaque à l'effort	14

D - 2 - Epreuves ayant pour critère la détermination de la capacité aérobie à l'effort.	15
D - 2-1 - Quelques bases physiologiques	15
D - 2-2 - Méthode de détermination de la capacité aérobie	16

Chapitre IV : LA FREQUENCE CARDIAQUE

A - Définition et généralités	18
B - Les facteurs de variation de la fréquence cardiaque	18
C - Les variations de la fréquence cardiaque au cours de l'effort physique	19
D - Régulation de la fréquence cardiaque	19
D - 1- Régulation nerveuse	20
D - 2- Contrôle humoral	20

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODE

CHAPITRE I : MATERIEL

A - Populations étudiées	21
B - Matériel	22

Chapitre II : METHODE

A - Précautions	23
B - Protocole expérimental	23

TROISIEME PARTIE : PRESENTATION, COMMENTAIRES, ET DISCUSSION DES RESULTATS

Chapitre I : RESULTATS ET COMMENTAIRES

29

Chapitre II : DISCUSSIONS 41

Chapitre III : INTERETS ET LIMITES DE L'ETUDE. 43

RESUME ET CONCLUSION 43

INTRODUCTION

Le sport et l'activité physique sont de nos jours l'objet d'enthousiasme renouvelé et d'engouement collectif. Le phénomène sportif connaît depuis quelques années un grand essor. Touchant toutes les couches de la population et tous les âges, il est devenu une réalité sociale qui répond à un désir d'évasion et de connaissance approfondie du corps humain.

Cependant, force est de constater que bon nombre de personnes, atteintes d'états pathologiques comme le diabète sucré, sont dans la sédentarité qui contribue à les enfermer dans un état de vie statique plus dangereux. Cette sédentarité chez le diabétique étant due le plus souvent à la peur et au manque de connaissance pratique sur leur aptitude à la pratique sportive et sur les modifications biologiques, que celle-ci pourrait entraîner chez eux. Ainsi, l'attitude surprotectrice et limitatrice des parents sont d'observation plus courante que leur désir de voir leurs enfants diabétiques s'épanouir par le sport.

Ceci conduit les spécialistes de la médecine du sport à reposer le problème du rapport existant entre la santé et l'aptitude physique. En effet, il est hors de doute qu'il existe certaines relations entre la santé et l'aptitude physique telle qu'on peut la mesurer par des tests de performances physiques (un homme malade pouvant illustrer de façon particulièrement nette cette relation). Cependant, si on examine celle-ci de plus près, les faits deviennent incertains, obscurs et contradictoires. N'a-t-on pas vu des hommes dont la santé était altérée, avoir une meilleure aptitude aux compétitions sportives que des sujets en bonne santé ? L'exemple de champions diabétiques tels que William TALBERT (USA), triple vainqueur de la Coupe Davis, de Danny McGRAIN, footballeur écossais, 62 fois international, nous amène à penser à une réponse affirmative.

Les personnes diabétiques présentent-ils des dispositions naturelles à l'effort comme les sujets "normaux" ?

L'exemple de ces champions, cités plus haut, constitue-t-il une exception à la règle ?

Le peu de connaissances exposées dans la littérature, concernant les performances sportives des diabétiques comparées à celles de sujets normaux, sont contradictoires. Si certains auteurs ne trouvent pas de réelles différences (21,26), d'autres par contre affirment que la puissance maximale aérobie est plus faible chez les diabétiques sédentaires que chez les sujets normaux anthropométriquement semblables (14,31).

Ainsi, beaucoup de médecins du sport sont constamment sollicités pour se prononcer sur l'aptitude des sujets diabétiques à pratiquer du sport de loisir ou de compétition.

En effet, tout semble indiquer qu'une pratique physique progressive et régulière, constituerait une excellente prévention des risques cardiovasculaires et améliorerait la condition physique qui enrichit la qualité de vie de l'individu. Donc, tout doit être mis en œuvre pour repousser les méfaits de la sédentarité, promouvoir l'activité physique et améliorer le niveau de condition physique des diabétiques. C'est dans cette perspective que cette étude nous paraît pouvoir apporter sa contribution. Dès lors qu'un diabétique décide de mesurer ses aptitudes physiques du moment, un objectif est atteint : c'est l'incitation initiale et la motivation chez lui à développer une attitude positive à l'égard des activités physiques et sportives.

Ainsi l'objectif de ce travail est d'évaluer l'aptitude physique générale et plus particulièrement l'aptitude cardiocirculatoire de sujets diabétiques insulinodépendants traités, de comparer les résultats obtenus avec ceux de sujets normaux anthropométriquement semblables aux diabétiques, pour voir jusqu'à quel niveau de performance sportive ces derniers peuvent atteindre.

PREMIERE PARTIE

REVUE DE LITTERATURE

CHAPITRE I : RAPPELS PHYSIOPATHOLOGIQUES ET EPIDEMIOLOGIQUES DU DIABETE SUCRE

A - PHYSIOPATHOLOGIE DU DIABETE

A - 1 - DEFINITION

On désigne sous le nom de diabète sucré, l'état d'hyperglycémie chronique relevant de facteurs génétiques et/ou environnementaux agissant souvent de concert (30).

L'hyperglycémie peut être due soit à une carence en insuline absolue ou relative, soit à un excès de facteurs s'opposant à son action.

L'insuline est l'hormone clé de la régulation du métabolisme hydrocarboné. Elle est synthétisée et sécrétée par les cellules bêta des îlots de Langerhans du pancréas.

A - 2 - Classification

Il existe plusieurs classifications du diabète. Nous retiendrons (en fonction de l'étiologie) deux grands groupes de diabète. Le premier groupe est appelé "diabète secondaire". Il est lié à certaines maladies. L'ablation du pancréas, par exemple, donne un diabète secondaire.

Le deuxième groupe dit "diabète primaire" comprend lui même deux sous groupes : le diabète insulino-dépendant et le diabète non insulino-dépendant.

- Le diabète insulino-dépendant (DID)

Encore appelé diabète maigre, le DID intervient presque toujours chez les sujets jeunes de moins de 40 ans mais peut survenir à tout âge.

Il se caractérise par un déficit sécrétoire important, voire total, des îlots bêta-Langerhansiens du pancréas qui normalement délivre l'insuline de manière adaptée aux besoins de l'organisme (20).

En fait, le DID est dû à la destruction des cellules B des îlots de Langerhans par des auto-anticorps (3).

- Le diabète non insulino-dépendant (DNID)

Ce type de diabète survient habituellement chez des sujets relativement âgés (plus de 40 ans) et est presque toujours associé à une obésité.

Le DNID se caractérise par un déficit de l'insulinosecrétion et par une insulino résistance accrue.

- En effet, en cas de DNID, il existe une perte selective de la sensibilité de la cellule B au glucose. Et, la sécrétion d'insuline étant essentiellement régulée à l'état basal par le glucose : il s'en suit un déficit relatif de l'insulinosecrétion pancréatique.

- L'insulinorésistance résulte d'une baisse des effets de l'insuline au niveau cellulaire, la cellule musculaire notamment.

Quelle qu'en soit la cause exacte, le "déficit" en insuline et l'insulinorésistance modifient le métabolisme des lipides, des glucides et des protéines. En ce qui concerne le métabolisme des glucides, il y aura une réduction de la perméabilité au glucose dans le liquide extra-cellulaire, particulièrement en période post-prandiale, entraînant ainsi une hyperglycémie (31).

B - EPIDEMIOLOGIE DU DIABETE

De nombreuses études épidémiologiques ont révélé qu'il a beaucoup plus de DNID que de DID - En France, par exemple, le DNID est estimé à 2% de la population (soit 1 million, dont 40 000 nouveaux cas par an) alors qu'il y a que 30 000 DID.

En Europe, les prévalences du DID les plus élevées sont observées au Nord (3% en Suède) tandis qu'en Afrique, le DID semble être plus fréquent au Maghréb qu'au Sud du Sahara où la fréquence varierait entre 0,18 à 15,4% (32). Cependant les constatations faites sur le continent africain, en ce qui concerne la répartition du DID par rapport au DNID, semble comparable à ce qui est observé en pays développés : environ 13 à 30% de DID contre 70 à 87 % de DNID (33).

Au Sénégal, la prévalence du diabète sucré est de 1 à 2% de la population; le DID occupant environ 3% des hospitalisations en pédiatrie (32).

C - LES COMPLICATIONS DEGENERATIVES DU DIABETE (28)

L'affection métabolique du diabétique, qui se caractérise par une hyperglycémie avec glucosurie, peut l'exposer à des risques de complications dégénératives oculaire, rénale cardiovasculaire ou neurologique.

Les facteurs responsables de ces atteintes dégénératives sont : l'hyperglycémie mais aussi l'hyperinsulinisme et l'insulinorésistance qui sont plus spécifiques du DNID.

C - 1. Les complications cardiovasculaires

Nous retiendrons trois troubles cardiovasculaires :

- L'artériopathie des membres inférieurs : se manifeste par une abolition des pouls périphériques associée à une claudication intermittente. Elle peut se compliquer d'ulcération ou de gangrène des extrémités et participe à la constitution du "pied diabétique".
- Les accidents vasculaires cérébraux : sont fréquents chez le diabétique en raison de l'HTA souvent associée à l'athérosclérose des artères cérébrales.
- La coronaropathie : peut se manifester sous forme d'angor ou d'infarctus du myocarde souvent indolore.

C - 2. Les Complications rénales.

La néphropathie diabétique débute par une microalbuminurie suivie d'une protéinurie massive, puis l'atteinte glomérulaire évolue vers l'insuffisance rénale terminale avec élévation de la créatinine et de l'urée, l'hypokaliémie et anurie.

C - 3. Les complications neurologiques.

La neuropathie périphérique est due à une démyélinisation segmentaire des neurones suivie d'une dégénérescence axonale. Il s'y associe des lésions des cellules de Schwann et une atteinte microangiopathique des vasa nervorum. Elle se manifeste par des paresthésies, une hypoesthésie, avec diminution de la sensibilité au diapason et abolition des réflexes ostéotendineux.

La neuropathie autonome : est une atteinte du système nerveux sympathique ou parasympathique. Elle peut se manifester par une hypotension orthostatique, une tachycardie de repos, des anomalies de la motricité pupillaire, une hypersudation, des troubles sexuels, une diarrhée ou encore une gastroparésie.

C - 4. Les complications oculaires.

La rétinopathie diabétique est la plus spécifique et se constitue de microanévrismes associés à des exudats lipidiques et des hémorragies.

Le cataracte, le glaucome, les paralysies oculaires d'apparition brutale et spontanément regressives,, les troubles aigus de la réfraction sont autant d'autres complications oculaires fréquentes chez le diabétique.

D - PRATIQUE SPORTIVE ET COMPLICATIONS DÉGÉNÉRATIVES (21)

La condition fondamentale à la pratique d'un sport par un diabétique est de le faire lorsque sa glycémie est équilibrée. L'exercice physique ne doit pas être réalisé en période de déséquilibre, dans la phase de convalescence d'une maladie infectieuse, et doit être interdit en cas de cétose. Par ailleurs, l'état cardiovasculaire doit être toujours évalué et surveillé, car l'activité physique régulière et intense est à déconseiller, par exemple, en cas de micro et macroangiopathies. De même en cas d'existence éventuelle d'une neuropathie avec diminution des sensibilités tactiles et thermoalgésiques prédominants aux membres inférieurs, les sports pédestres trop intenses ou prolongés pouvant accroître le risque de traumatismes méconnus (au niveau du pied) sont déconseillés.

L'existence de complications dégénératives chez le diabétique pourrait compromettre ses performances sportives

CHAPITRE II : METABOLISME ENERGETIQUE DE L'EXERCICE MUSCULAIRE

A - METABOLISME ENERGETIQUE ET ADAPTATION A L'EFFORT CHEZ LE SUJET NORMAL

A - 1 Mobilisation des substrats énergétiques au cours de l'effort

L'être vivant est le siège de réactions biochimiques libératrices d'énergie à partir d'aliments porteurs d'énergie potentielle et de l'oxygène. Cette énergie, indispensable à la vie cellulaire, est libérée en quantité variable selon que l'individu est au repos ou en activité physique.

Chez l'homme normal, les principaux substrats énergétiques du muscle au repos et à l'exercice sont le glucose et les acides gras libres (18). Au repos le muscle oxyde principalement les acides gras libres (95% du substrat énergétique) mise en circulation par les adipocytes et le glucose (5%). L'activité musculaire constitue la cause la plus importante de la variation de la dépense énergétique. En effet, au cours de l'effort, les demandes énergétiques au niveau musculaire augmentent fortement (24).

La seule source d'énergie directement disponible lors de la contraction musculaire est l'Adénosine triphosphorique (ATP) qui est hydrolysée en ADP et en phosphate inorganique (Pi). Cependant, les réserves intramusculaires en ATP étant très limitées (5-6 mmoles par Kg de muscle frais), les fibres musculaires utilisent une réserve immédiatement disponible: la phosphocréatine (PC) qui est de l'ordre de 15 à 20 mmoles/Kg de muscle frais (14-24).

Etant très faible, cette quantité d'énergie disponible grâce aux réserves d'ATP-PC est utilisée pour les exercices de puissance (haltérophilie, lancers, sauts) ou de vitesse de quelques secondes. Cette source d'énergie qui ne nécessite pas la présence d'oxygène et ne s'accompagne pas de formation d'acide lactique est appelée source anaérobie alactique. Cependant lorsque l'exercice intensif dépasse les 5-6 secondes, la principale source d'énergie provient de l'hydrolyse du glycogène intramusculaire qui, en se dégradant dans le sarcoplasme, donne naissance au pyruvate.

Le maintien de cette activité intensive provoquera une hydrolyse accrue de molécules de glycogène mais cette fois, en absence d'oxygène, le pyruvate produit en excès sera reconverti en lactate : cette source d'énergie est dite anaérobie lactique (14).

La capacité de dégradation du glycogène par voie anaérobie étant plus limitée au niveau musculaire chez l'enfant que chez l'adulte, la prudence est à observer pour la pratique des sports dits "de résistance" chez l'enfant.

Lorsque l'exercice physique se prolonge au delà d'une dizaine de minutes, la proportion aérobie du métabolisme glucidique s'accroît. La dégradation aérobie du glycogène fournit, selon DORCHY et POORTMANS (1991), 13 fois plus d'énergie que son catabolisme anaérobie; ces mêmes auteurs précisent, cependant que les enzymes du glycolyse aérobie semblent avoir une activité supérieure chez l'enfant que chez l'adulte (14). Selon J.F Gautier (1994) (18), lorsque l'exercice se prolonge au delà de 40 minutes, l'utilisation des acides gras libres devient prépondérante alors que celle des glucides diminue. En effet le muscle puise dans ses réserves de triglycérides en les hydrolysant en glycérol et en acides gras. Tandis que le glycérol est ramené au foie où il participe à la glyconéogenèse, les acides gras libres subissent la bêta-oxydation mitochondriale qui fournit aux processus contractiles un apport en ATP 3,3 fois supérieur à celui de l'oxydation de glycogène (rapport molaire) (14).

Les acides aminés musculaires et hépatiques, qui se joignent au métabolisme aérobie via le cycle de KREBS, ont un rôle faible. Les enzymes de la bêta-oxydation ainsi que celle du métabolisme des acides aminés ont une activité semblable chez l'adulte et chez l'enfant.

A - 2 - ROLE DES HORMONES PANCREATIQUES

a) - L'insuline

Elle a une action hypoglycémique qui s'exerce sur les trois voies métaboliques (12) :

- Le métabolisme des glucides :

- Au niveau du foie : l'insuline favorise le stockage du glucose sous forme de glycogène, diminue la glycogénolyse et la néoglycogénèse hépatique.
- Au niveau des cellules adipeuses et musculaires : l'insuline augmente la captation du glucose. Elle favorise la synthèse du glucose au niveau musculaire et inhibe la néoglycogénèse à partir des acides gras, au niveau du tissu adipeux.
- Au niveau du tissu nerveux : l'insuline favorise la captation du glucose par les cellules nerveuses.

- Le métabolisme des lipides :

L'insuline augmente la lipogénèse dans le foie et le tissu adipeux, diminue la lipolyse.

- Le métabolisme des protides

L'insuline accroît la synthèse des protéines, facilite le transport et augmente la captation cellulaire des acides aminés.

b) - Le glucagon

Selon Camulle et Pascal Craplet (1986) (8), le glucagon à quatre effets principaux sur le métabolisme énergétique :

- glycogénolyse du glycogène hépatique,
- lipolyse des triglycérides du tissu adipeux,
- néoglycogénèse formant du glucose à partir du glycérol, des acides aminés glucoformateurs, de l'acide lactique,
- augmentation de la sécrétion d'insuline.

c) - La sécrétion d'hormones pancréatiques au cours de l'exercice musculaire

Chez les sujets non entraînés : jusqu'à une puissance proche de la puissance maximale aérobie, la concentration plasmatique du glucagon diminue tandis que celle de l'insuline augmente et peut atteindre alors trois fois sa valeur de repos (29).

La prolongation d'un exercice sous-maximal provoque une baisse de la concentration d'insuline tandis que le glucagon sanguin s'élève. Cette diminution de l'insulinémie et l'augmentation de la glucagonémie agissent de façon complémentaire pour favoriser la néoglycogénèse comme la glycogénolyse et augmenter ainsi la production de glucose par le foie (14-29).

Régulation : deux facteurs interviennent pour contrôler la sécrétion d'insuline : la tendance plus ou moins nette de l'hypoglycémie qui peut freiner la synthèse et l'action du système adrénergique : la stimulation des récepteurs α et diminue la synthèse d'insuline (24). L'augmentation de la sécrétion de glucagon relève aussi d'un mécanisme adrénergique. Cependant il faut noter, que l'hypoglycémie, quand elle survient peut constituer un facteur de sécrétion du glucagon (17).

B - ADAPTATION METABOLIQUE LORS DE L'EXERCICE PHYSIQUE CHEZ LE DIABETIQUE INSULINODEPENDANT.

B -1 - Mobilisation des substrats énergétiques

Dans le cas du diabète insulino-dépendant (DID), l'insuline ne vient plus du pancréas, mais du petit stock sous-cutané que le diabétique s'est injecté peu avant l'exercice. Schématiquement trois cas sont envisagés :

a) - En cas d'imprégnation insulinique appropriée :

Si le diabétique est correctement "insuliné" (bien équilibré en début d'exercice), l'utilisation séquentielle des substrats énergétiques sera régie par les mêmes règles que chez le sujet normal (14).

L'insuline est libérée régulièrement à partir de son dépôt sous-cutané et continue à l'être malgré l'effort musculaire engagé.

Donc chez le DID bien traité et équilibré, l'exercice musculaire entraîne une diminution de la glycémie, et une élévation des acides gras estérifiés des corps cétoniques et du glucagon de manière parallèle à une population témoin (24).

b) - En cas d'excès insuliniques

Il s'agit, selon GINH LANG et al (1994) (24), du diabétique n'ayant pas adapté la dose d'insuline aux besoins de l'exercice, on observe dans ce cas un accroissement de la consommation du glucose avec risque d'hypoglycémie. En effet, ces risques d'hypoglycémie sont majeurs si le diabétique ne diminue pas les doses d'insulines et/ ou n'augmente pas son apport glucidique avant le début de l'exercice (18).

c) - En cas de carence insulinique profonde :

Cette carence s'observe chez les diabétiques non traités ou mal équilibrés et provoque lors d'une activité physique, une diminution de l'utilisation du glucide (24). En effet, il serait possible d'envisager que l'exercice musculaire résorbe l'excès glycémique, mais l'absence d'insuline en quantité suffisante empêche une pénétration cellulaire supplémentaire et le muscle ne peut oxyder les molécules de glucose circulantes (19).

Parallèlement, différents phénomènes s'enchainent liés à une majoration de la glycogénolyse hépatique et de la néoglycogénèse, avec pour conséquence une hyperglycémie, une augmentation de la lipolyse, apparition d'acides gras libres plasmatiques et de corps cétoniques : ce qui contribue à l'aggravation du déséquilibre métabolique (19-24).

B - 2 - Importance de l'imprégnation insulinique

Il ressort des deux derniers cas étudiés précédemment, qu'en cas de mauvais degré de contrôle chez le diabétique insulino-dépendant (carence ou excès insulinique), l'exercice physique intense mal conduit peut aussi bien induire l'hypoglycémie (par blocage de la glycogénolyse hépatique) que l'hyperglycémie par défaut de pénétration intra-cellulaire du glucose (19).

Dorchy et al (14), ont montré que chez des adolescents diabétiques l'effet bénéfique de l'exercice musculaire sur la vitesse de disparition du glucose sanguin dépendait de l'imprégnation insulinique des sujets. En effet, l'exercice musculaire accroît la resorption de l'insuline sous-cutanée, et ce d'autant plus que le groupe musculaire en activité est proche du site d'injection. L'accroissement du débit sanguin au niveau musculaire augmente la distribution d'insuline du muscle et en diminue la diffusion au foie et au rein, donc provoque une augmentation de la consommation locale d'insuline avec pour conséquence la captation du glucose du muscle (14).

CHAPITRE III : L'APTITUDE PHYSIQUE

A - DEFINITION

Liée à la santé, l'aptitude physique reste encore une notion pas facile à définir. En effet le sens attribué à ce concept varie quelque peu suivant les auteurs :

L'organisation mondiale de la santé (OMS) définit l'aptitude physique comme étant la capacité d'accomplir un travail musculaire de façon satisfaisante dans des conditions anaérobies ou aérobies.

Dans le domaine de la physiologie du sport, elle est définie comme étant l'ensemble des qualités naturelles, héréditaires, génétiques d'un sujet (10).

Dans le domaine du sport, l'aptitude physique désigne "la capacité d'utiliser son corps dans un but défini, et plus souvent encore les potentialités favorables à une performance motrice" (15).

Certains auteurs considèrent le concept d'aptitude physique comme étant équivalent au terme "capacité physique". Cette dernière peut se définir comme la potentialité que présente un individu à réaliser des actes moteurs.

B - LES FACTEURS DE L'APTITUDE PHYSIQUE

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, l'aptitude est une entité complexe dont la définition s'applique à une multitude de situations variées. Elle fait intervenir de multiples facteurs dont certains sont d'analyse particulièrement délicate. Monod et Flandrois (1994) ont affirmé que "l'aptitude physique d'un individu dépend de nombreux facteurs, physiologique et psychologique, qui jouent de façon inégale suivant les activités sportives envisagées" (29). Ainsi on a pu distinguer :

- les facteurs constitutifs : qui sont des facteurs non contrôlables que chaque individu possède dans son patrimoine génétique. De très nombreuses études ont mis en évidence les variations due à l'AGE et au SEXE. Indépendamment de celles-ci, le développement staturo-pondéral est un déterminant important : il y a intérêt à être petit pour un jockey, grand pour un basketeur, maigre pour un marathonien (29).

- Les facteurs liés au développement

Les facteurs du milieu sont au moins aussi importants que les facteurs génétiques :

- les conditions de vie et le mode de nutrition participent à l'amélioration de l'aptitude physique.
- Les entraînements physiques et sportifs développent et surtout améliorent la capacité de travail de l'individu.

- Les facteurs liés au vieillissement de l'organisme :

Il s'agit de facteurs pouvant limiter progressivement l'aptitude physique. En effet, la pathologie, liée à la pratique des activités physiques et sportives notamment traumatique, peut venir limiter l'aptitude physique des sujets même bien entraînés. Il en est de même pour la pathologie générale, particulièrement invalidante en ce qui concerne les fonctions respiratoires et circulatoires.

C - LES COMPOSANTES DE L'APTITUDE PHYSIQUE

Il est traditionnel de séparer les composantes énergétiques et biomécaniques de l'aptitude physique, des composantes coordinatives qui sont sous le contrôle des facteurs cognitifs et dépendent des phénomènes de l'apprentissage. En effet, à la notion d'aptitude physique générale, s'est progressivement substituée un ensemble de qualités qui sont des composantes de cette dernière. Ainsi CAZORLA et DUDAL (4) ont pu distinguer :

1 - La composante bioinformatique qui intervient dans la prise d'information et la commande motrice (vitesse de réaction, justesse de la réponse motrice).

2 - La composante biomécanique : il s'agit des qualités mécaniques des systèmes ostéo articulaires et musculaires : force et puissance musculaire, amplitude tendinomusculaire.

3 - La composante bioénergétique : qui traduit l'état fonctionnel des appareils ventilatoire et cardiovasculaire :

- les capacités anaérobies alactique et lactique,
- la capacité aérobie.

Nous centrerons notre étude sur cette dernière composante de l'aptitude bioénergétique et plus particulièrement sur la filière énergétique aérobie.

D - EVALUATION DE L'APTITUDE PHYSIQUE

Les méthodes utilisées pour évaluer l'aptitude physique sont nombreuses et variées. Les toutes premières épreuves permettant de classer l'aptitude d'un sujet sont basées sur le temps nécessaire à la fréquence cardiaque pour retrouver sa valeur initiale de repos après une épreuve standardisée.

Une deuxième approche de quantification de l'aptitude physique fut l'introduction de la notion de capacité aérobie mesurée soit en direct, soit par l'intermédiaire d'une approximation lors d'un exercice sous-maximal. Nous ne présenterons dans cette étude que quelques unes de ces méthodes.

D -1 - Epreuves ayant pour critère la récupération cardiaque à l'effort.

Epreuve de LIAN (25)

La valeur de l'aptitude physique est déterminée en tenant compte de l'accroissement de la fréquence cardiaque en fin d'exercice et du temps nécessaire pour que cette fréquence cardiaque retrouve sa valeur initiale de repos. L'épreuve consiste à une course sur place avec élévation des genoux à angle droit (skipping). La fréquence du mouvement doit être deux élévations par seconde. La durée de l'exercice est d'une minute :

L'appréciation se à partir des normes suivantes :

Classification	Variation de FC	
	Fin de l'exercice bpn	Durée de Récupération R
I - excellent	FC < 30 bpn	≤ 2 mn
II - bon	FC = 30 bpn	2 mn > R > 3 mn
III - moyen	30 bpn < FC < bpn	2 mn > R > 3 mn
IV - mauvais	FC > 40 bpn	R > 4 mn
V - inapte	FC ≥ 40 bpn	R > 5 mn ou plus

* Epreuve de RUFFIER - DICKSON (13) (voir protocole , p. 24)

D -2- Epreuves ayant pour critère la détermination de la capacité aérobie à l'effort.

D -2-1- Quelques bases physiologiques

- a) La fréquence cardiaque : voir chapitre IV
- b) La puissance maximale aérobie

Elle est définie comme "la consommation maximale d'oxygène qu'un individu peut atteindre lors d'un exercice musculaire pratiqué au niveau de la mer, en inhalant de l'air atmosphérique, la durée de travail étant de deux à six minutes suivant la puissance" (1). La consommation maximale d'oxygène ($Vo_2 \text{ max}$) croît de façon linéaire avec la puissance développée lors de l'exercice jusqu'à une limite qui est cependant individuelle. La puissance maximale aérobie est, en fait, la puissance à laquelle le $Vo_2 \text{ max}$ est atteint.

Le $Vo_2 \text{ max}$ est habituellement exprimée en litre par minute (l/mn) ou en millilitre par kilogramme de poids corporel par minute ($ml.kg^{-1}.mn^{-1}$).

Le $Vo_2 \text{ max}$ représente le critère le plus utilisé pour estimer l'aptitude physique. En effet, au delà même dans des sports peu énergétiques comme les sports mécaniques, la notion de condition physique est considérée aujourd'hui comme un prérequis à l'entraînabilité, à la diminution de la fatiguabilité et à la performance. Donc un $Vo_2 \text{ max}$ très élevé constitue un facteur nécessaire quoique non suffisant, pour accéder au plus haut niveau actuel de performance dans la plupart des sports.

La valeur de la consommation maximale d'oxygène varie suivant :

- l'âge : elle augmente progressivement pendant l'enfance et l'adolescence, atteint un maximum et se stabilise entre 20 et 30 ans pour décroître progressivement (1).
- le sexe : en dessous de 12 ans, elle est presque la même chez les filles et chez les garçons. Après cet âge s'installe une différence de 25% à 30% entre le $Vo_2 \text{ max}$ des hommes et celui des femmes.

- la race : chez l'homme blanc de 20 à 30 ans, le $Vo_2 \text{ max}$ est environ $50 ml.kg^{-1}.mn^{-1}$ alors que les études menées sur des étudiants mélano-africains ont montré une valeur moyenne de $47 ml.kg^{-1}.mn^{-1}$ (15).

- l'entraînement physique de type endurance fait de manière régulière peut améliorer le $Vo_2 \text{ max}$ d'environ 20% (1). Donc il est évident que ce sont surtout les capacités naturelles qui interviennent pour déterminer l'aptitude maximale d'un individu.

D - 2-2 - Méthodes de détermination de la capacité aérobie.

D - 2-2-1 - Mesure directe

Cette méthode ne peut se pratiquer qu'au laboratoire car nécessitant un matériel élaboré, comprenant un appareil permettant la mesure des paramètres ventilatoires et un ergomètre ou un tapis roulant.

Le sujet est soumis à des exercices de puissance progressivement croissante jusqu'au moment où cette augmentation n'entraîne plus celle du Vo_2 max. Ce dernier est mesurée le plus souvent en circuit ouvert. Il consiste à faire inspirer le sujet à l'air libre (dont la composition en oxygène est fixe et connue) et à le faire expirer dans un sac de caoutchouc de 100 litres (sac de Douglas) préalablement vide. Un prélèvement d'échantillon permet une analyse des fractions d' O_2 et de CO_2 dans cet air expiré et le calcul du Vo_2 max.

D-2-2-2. Mesure indirecte

La plupart de ces mesures indirectes sont fondées sur la mesure d'une fréquence cardiaque de régime stable d'un exercice sous-maximal, étant donné l'existence d'une relation linéaire entre la fréquence cardiaque et le Vo_2 max pour les exercices maximaux.

Ces mesures indirectes peuvent se faire au laboratoire ou sur le terrain car la possibilité de la prise de la fréquence cardiaque est possible dans ces deux cas.

Les méthodes les plus utilisées sont :

* L'épreuve de CT 170 (voir protocole, page 25)

L'adaptation d'un sujet à un effort sous-maximal est évaluée souvent par la recherche de la puissance de travail que peut effectuer un sujet lorsque sa fréquence cardiaque est égale à 170 bat/mn. Cette puissance est appelée capacité de travail 170 (CT 170). La CT 170 exprimée en puissance absolue ou relative au poids corporel, développée pour une fréquence cardiaque égale à 170 bat/mn peut être témoin de la capacité aérobie d'un sujet. En effet, le CT 170 correspond à un pourcentage élevé de la puissance maximale aérobie (PMA) : $93 \pm 13\%$ chez des athlètes de haut niveau (9).

* - Test d'Astrand-Rhyming (2)

Il consiste à faire pédaler le sujet, pendant 6 minutes à une puissance constante de 150 watts pour les hommes et 100 watts pour les femmes. On relève la fréquence cardiaque

de la 6e minute de pédalage et on se réfère au nomogramme d'Astrand-Rhyming pour déterminer le V_{O_2} max

L'épreuve de FOX (16) utilise la fréquence cardiaque de la 5e minute de pédalage à une puissance constante de 150 watts, pour établir l'équation :

$$V_{O_2} \text{ max prédite} = 6,3 - 0,0193 F_c$$

* Test de Cooper (7)

Il consiste à parcourir la distance la plus longue possible en 12 minutes. Les sujets peuvent courir et marcher pendant l'épreuve, seule compte la distance maximale parcourue. La valeur de V_{O_2} max (en $\text{ml}/\text{kg}^{-1}/\text{mn}^{-1}$) prédite à partir de la distance (en mètres) est donnée par l'équation suivante :

$$V_{O_2} \text{ max} = 0,022 \text{ distance} - 10,39$$

* L'Epreuve progressive de Leger (25).

Ce test consiste à effectuer le plus longtemps possible des allers-retours sur une distance de 20 m délimitée par deux lignes parallèles. La vitesse est imposée au moyen de signaux sonores enregistrés sur une bande magnétique et émis à intervalles réguliers. A chaque signal le sujet doit se trouver légèrement au delà de l'une des lignes parallèles.

L'épreuve est terminée quand le sujet est incapable de suivre la vitesse imposée.

La valeur prédite de V_{O_2} max ($\text{ml}/\text{kg}^{-1}/\text{mn}^{-1}$) à partir de la vitesse de course du dernier palier V (en km/h) est donnée par l'équation suivante :

$$V_{O_2} \text{ max} = 5,86 V - 19,46$$

CHAPITRE IV : LA FREQUENCE CARDIAQUE

A - DEFINITION ET GENERALITE

La fréquence cardiaque est le nombre de battements cardiaques par minute. son rythme est synchrone du nombre des contractions ventriculaires par minutes tel qu'on peut le déterminer à partir d'un électrocardiogramme.

La fréquence cardiaque est déterminée par la fréquence à laquelle bat le nœud sino-auriculaire (nœud SA) qui possède son propre rythmicité. La fréquence naturelle de battement du nœud sinusal (environ 120 bat/mn chez le nouveau-né) est, cependant beaucoup plus élevée que la fréquence cardiaque observée habituellement qui est de 64 bat/mn environ chez le jeune adulte au repos, placé dans une zone de neutralité thermique (22). Ceci est dû à l'action du nerf vague qui innerve le cœur. L'activité inhibitrice de ce nerf, appelée tonus vagal, se comporte comme un frein sur la fréquence du nœud sinusal.

Chez la femme la valeur de la fréquence cardiaque est légèrement supérieure à celle de l'homme et est d'environ 70 à 75 bpm (22).

B - LES FACTEURS DE VARIATION DE LA FREQUENCE CARDIAQUE

De nombreux facteurs agissent et peuvent faire varier la fréquence cardiaque :

1 - La température corporelle : son augmentation peut entraîner une accélération du rythme cardiaque. En cas de fièvre, le cœur bat plus vite que normalement. Quand le corps est refroidi, dans l'hypothermie par exemple, le cœur bat plus lentement.

2 - Les émotions : peuvent de façon notoire accélérer la fréquence cardiaque. Ainsi, si on examine des athlètes au départ d'une course, on s'aperçoit que leur fréquence cardiaque s'élève souvent avant le signal du starter.

3 - La posture : de nombreuses observations ont montré que le rythme cardiaque est influencé de façon précise par la posture : plus lent en position couchée, il est un peu plus rapide lorsque le sujet est assis et plus rapide en position debout.

4 - La digestion : après l'ingestion d'un repas, la fréquence cardiaque s'élève pendant aux moins deux heures.

5 - L'exercice musculaire est un excellent facteur d'accélération de la fréquence cardiaque. Cette dernière varie suivant l'intensité, le siège et le type d'effort. En effet, pour une même intensité la fréquence cardiaque est plus élevée si l'exercice est effectué avec les membres supérieurs que s'il l'est avec les membres inférieurs. De même, l'exercice statique (isométrique) élève également la fréquence cardiaque au dessus de la valeur correspondant à celle obtenue dans l'exécution d'un exercice dynamique.

C - LES VARIATION DE LA FREQUENCE CARDIAQUE AU COURS DE L'EFFORT PHYSIQUE (29).

La Fréquence cardiaque augmente brusquement dès le début de l'exercice, puis plus lentement jusqu'à une valeur d'équilibre si l'exercice est effectué en une intensité sous maximale. Le délai nécessaire pour atteindre cet équilibre dépend de l'intensité de l'exercice et du degré d'entraînement du sujet. Il faut aussi remarquer que, le plateau d'équilibre de la fréquence cardiaque est rarement parfait, sinon pour des exercices de puissance modérée et de courte durée. En effet, on observe généralement, lors des efforts sous-maximaux prolongés, un pseudo-plateau caractérisé par une augmentation de la fréquence cardiaque légère mais régulière.

Si l'intensité de l'exercice dépasse la puissance maximale aérobie, la fréquence cardiaque atteint une valeur maximale théorique. Sachant que cette fréquence maximale varie peu d'un individu à l'autre pour un même âge : elle a été calculée théoriquement par Astrand grâce à la formule :

$$\text{Fréquence cardiaque maximale} = 220 - \text{âge (en année)}.$$

A l'arrêt de l'exercice, on observe une diminution brutale, suivie d'une évolution plus lente et progressive vers la fréquence cardiaque de repos.

Le délai de récupération de cette dernière augmente avec l'intensité de l'exercice, et diminue avec le degré d'entraînement du sujet.

D - REGULATION DE LA FREQUENDCE CARDIAQUE

On peut observer deux sortes de contrôle de la fréquence cardiaque : un contrôle nerveux et un contrôle humoral.

D - 1 - Régulation nerveuse

Le contrôle de cette régulation est à point de départ barosensible cardio aortique et sinocarotidien. Des barorécepteurs aortiques et sinocarotidiens partent respectivement, les nerfs de Hering (enfermés dans la gaine des glossopharyngiens) et les nerfs de Cyon (enfermés dans la gaine des nerfs vagues). Ces nerfs de Hering et de CYON rejoignent les centres bulbaires. Les influx (créés souvent par des variations de pression du sang) nés des barorécepteurs montent vers les centres bulbaires. Arrivés dans la région bulbaire, ces fibres vont entrer en connexion avec :

- le centre cardiomodérateur et, par l'intermédiaire des fibres cardiomodératrices du nerf pneumogastrique, agir sur la fréquence et la puissance cardiaque;
- le centre cardioaccélérateur et, par l'intermédiaire des fibres sympathiques, agir sur la puissance de la pompe cardiaque et la fréquence cardiaque.

Ainsi, toute hyperpression artérielle entraîne un ralentissement cardiaque et toute hypopression, une tachycardie.

D'autres influences peuvent accélérer ou ralentir les centres cardioaccélérateur ou cardiomodérateur. Ainsi, l'augmentation de la pression partielle du gaz carbonique ou la baisse de la pression partielle de l'oxygène, par action directe ou par action réflexe chémosensible, entraîne une accélération cardiaque.

De même, la douleur, les stimulations mécaniques des nerfs optiques, peuvent modifier la fréquence cadiaque par action réflexe.

D - 2 - Contrôle humoral

Les catécholamines, secrétées par les glandes médullosurrénales ou par les terminaisons nerveuses sympathiques, augmentent la fréquence cardiaque.

De même, l'augmentation de la température et les modifications physiochimiques du sang (baisse du pH, diminution de la pression partielle de l'oxygène dans le sang artériel ou élévation de la pression partielle du gaz carbonique) peuvent entraîner une accélération du cœur.

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL ET METHODE



CHAPITRE I - MATERIEL

A - LES SUJETS

Notre étude a porté sur 40 sujets : 20 diabétiques insulinodépendants et 20 personnes non diabétiques (témoins). Les sujets ne pratiquent qu'occasionnellement des activités physiques et sportives : la moyenne de pratique étant une séance de footing d'environ 25 minutes tous les quinze jours. Ils sont donc considérés comme des sédentaires. Ils sont tous nés au Sénégal.

1 - Le sujets diabétiques

Chaque sujet diabétique possède un dossier médical au Centre antidiabétique Marc SANKALE de Dakar où il va régulièrement en consultation.

Les sujets diabétiques ne présentent aucune contre-indication à la pratique des activités physiques et sportives : pathologies cardiovasculaires, respiratoires, ostéoarticulaires, infectieuses. Ce groupe de diabétiques est composé de :

- 13 hommes : leur âge est (moyenne \pm écart-type) $26,70 \pm 3,77$ ans. Leur taille et poids moyens sont respectivement $176,92 \pm 9,17$ cm et $64,84 \pm 4,97$ kg.

- 7 femmes dont l'âge, la taille et le poids moyens sont respectivement : $22,28 \pm 4,33$ ans, $163 \pm 6,43$ cm et $60,28 \pm 4,97$ Kg.

2 - Le groupe témoin

Il est composé de sujets n'ayant ni le diabète, ni de pathologies contre-indiquant à la pratique d'une activité physique : cardiopathie, neuropathie, affections ostéoarticulaires ou infectieuses. Ce groupe est composé de :

- 13 sujets de sexe masculin dont la moyenne d'âge est de $26,70 \pm 3,17$ ans, pour une taille et un poids moyens qui sont respectivement de $177,30 \pm 8,06$ cm et $64,69 \pm 6,66$ Kg.

- 7 filles âgées de $22,42$ ans en moyenne. Leur taille moyenne est de $163,14 \pm 6,97$ pour un poids moyen de $59,71 \pm 6,13$ kg.

B - Le MATERIEL

Nous avons utilisé le matériel suivant :

- un pèse personne de type SECA pour la mesure du poids des sujets,
- une toise graduée en centimètres permettant de mesurer la taille des sujets,
- un ergocycle de type MONARK 818 comportant un dispositif électronique incorporé nous donne directement le nombre de révolutions effectuées par le pédalier par minute. La bicyclette comporte une selle réglable en fonction de la taille et qui permet au sujet de pédaler aisément,
- un sport tester ou cardiofréquencemètre permettant de prendre la fréquence cardiaque au repos, pendant l'effort et pendant la récupération.
- un chronomètre.
- un tensiomètre à mesure,
- un électrocardiographe de marque HELLIGE EK 53,
- un ordinateur de marque IBM, avec le logiciel Excel,
- un questionnaire qui nous a permis de recueillir des informations relatives à l'état civil, aux antécédents médicaux et sportifs, aux modes de vie et habitudes alimentaires et au degré de sédentarité des sujets (voir annexe).

CHAPITRE II : METHODE

A - Précautions

Nous avons demandé aux sujets :

- de ne pas effectuer un effort important la veille et le jour du test,
- de prendre leur dernier repas au moins 2 heures avant les épreuves,
- de se présenter en tenue de sport,
- de ne pas fumer une heure avant le test.
- les diabétiques étaient tenus de s'injecter (prise d'insuline) au niveau du bras ou de l'abdomen.

La salle qui nous servait de laboratoire pour faire les tests était bien aérée, portes et fenêtres étaient grandement ouvertes. La température moyenne de la salle qui était de 26°C était la même que celle qui régnait à l'extérieur.

La taille et le poids des sujets étaient pris. Nous avons mesuré, avant les épreuves et au moins après 30 minutes de repos couché, la fréquence cardiaque.

B - Protocole expérimental

Le protocole comporte deux parties :

- un examen médical préalable,
- les épreuves d'effort.

B -1 - Examen médical

Il comporte :

* Un interrogatoire général sur :

- les antécédents médicaux et chirurgicaux,
- les antécédents sportifs,
- les modes de vie et habitudes alimentaires,
- traitement en cours.

* Une enquête sur les activités physiques.

- niveau de pratique
- durée de pratique
- nature des activités
- incidents et difficultés rencontrés lors de la pratique.

* Examen clinique général

- muqueuses et téguments
- examen physique : cardiovasculaire, pulmonaire, ostéoarticulaire et neurologique.

* Examens paracliniques

- cardiovasculaire : ECG de repos et d'effort
- Glycémie :

Nous avons fait un prélèvement avec des autopiqueurs pour recueillir une goutte de sang au niveau de la pulpe du doigt. Ce sang est placé sur une bandelette réactive à la glucose oxydase. On place cette bandelette dans un glycomètre en qui affiche sur un écran le taux de glycémie en g/l.

B -2 - Test de Ruffier-Dickson

Le sujet est placé d'abord, en position couchée pendant 30 minutes, on mesure alors sa fréquence cardiaque de repos (Po) à l'aide d'un cardiofréquencemètre qu'il porte sur lui.

On demande au sujet d'effectuer 30 flexions sur les jambes en 45 secondes. Les pieds du sujet doivent reposer à plat sur le sol.

Pour un meilleur équilibre, certains ont besoin de décoller légèrement les talons du sol ou d'écarter les pieds d'environ 20 cm, ce qui améliore leur stabilité pendant l'exercice. Les bras doivent être placés dans une position qui semble la plus rationnelle pour ne pas provoquer de chute vers l'avant ou vers l'arrière (généralement les mains sont placées derrière la nuque).

Le mouvement de flexion des jambes doit être complet, la remontée doit se faire complètement c'est à dire jambes tendues. La respiration doit être libre et naturelle.

Dès que la série des 30 flexions est terminée, le sujet se remet immédiatement en position couchée et la fréquence cardiaque (P1) affichée par le cardiofréquencemètre est prise.

Une minutes après la fin de l'exercice, on prend encore la fréquence cardiaque de récupération (P2).

Calcul des Indices

L'indice de Ruffier Dickson se calcule grâce à la formule

$$IRD = \frac{(P1 - 70) + 2 (P2 - PO)}{10}$$

10

L'interprétation se fait à partir des normes suivantes :

Valeurs IRD < 0 :	excellent
0 à 3 :	très bon
3,1 à 8 :	bon
8,1 à 15 :	passable
> 15 :	inapte.

B - 3 - L'Epreuve sous-maximale progressive (CT170)

La CT170 est une épreuve sous-maximale qui permet d'apprécier l'aptitude d'un sujet à un effort de type endurance.

Caractéristiques

C'est une épreuve continue à intensité progressive.

- Force de freinage : elle est fixée à 100 watts pour les hommes et 75 watts pour les femmes.
- Accroissement de la charge : 50 watts pour les deux sexes au premiers palier.
- Fréquence de pédalage : 50 tours/mn
- Nombre de paliers : deux (2)
- Durée de palier : 3 minutes chacun

Déroulement de l'épreuve

Le sujet pédale en position assise, au rythme de 50 tours par minute contre une charge initiale de 50w pendant 3 minutes. Cette charge initiale doit induire une fréquence cardiaque en fin de palier, comprise entre 110 et 135 bat/mn environ. Celle du deuxième palier (75 w pour les femmes et 100 w pour les hommes) doit amener la fréquence cardiaque, en fin de palier, à une valeur aussi rapprochée que possible de la valeur de 170.

Pendant toute la durée de l'épreuve, les paramètres suivants sont contrôlés régulièrement :

- la charge affichée,
- la fréquence de pédalage doit toujours être maintenue à 50 tours /mn,
- la fréquence cardiaque est enregistrée pendant les 5 dernières secondes de chaque minute.

Résultats : La capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 bat/mn (CT170) est obtenue à partir de l'équation de Karpman :

$$CT\ 170\ (\text{en watts}) = P1\ (\text{watts}) + (P2 - P1) \times \frac{(170 - FC1)}{(FC2 - FC1)}$$

P1 et P2 sont respectivement les charges du 1er et du 2ème palier : (P1 = 50w, P2 est égale à 75 pour les filles et 100w pour les femmes).

FC1 = Fréquence cardiaque à la fin du 1er palier correspondant à la puissance P1.

FC2 = Fréquence cardiaque à la fin du 2ème palier correspondant à la puissance P2

Détermination de la Consommation maximale d'oxygène

La fréquence cardiaque atteinte à la fin du deuxième palier (état stable) a été utilisée pour calculer le VO₂ max indirect à partir du nomogramme d'Astrand Ryhming (figure 1).

Pour améliorer cette prédiction, Nous avons appliqué un facteur de correction tenant compte de l'âge de chaque sujet testé.

B - 2 -3 Traitement des données

Un ordinateur de marque IBM avec le logiciel Excel nous a permis de trouver pour chaque variable, la moyenne et l'écart type.

La valeur de "t" du test de STUDENT pour groupes indépendants qui nous a permis de procéder à la comparaison des moyennes a été calculée par la formule :

$$t = \frac{m1 - m2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n1} + \frac{S_2^2}{n2}}} \quad \text{avec}$$

m1 = moyenne du groupe G1

m2 = moyenne du groupe G2

S₁ = variance se rapportant au groupe G1

S₂ = variance se rapportant au groupe G2

n₁ = effectif du groupe G1

n₂ = effectif du groupe G2

Le nombre du degré de liberté qui nous a permis de rentrer dans la table des "t" de STUDENT est :

- d.l = 24 pour la comparaison des moyennes chez les diabétiques et témoins masculins.

- d.l = 12 pour la comparaison des moyennes chez les groupes des diabétiques et témoins de sexe féminin. La valeur critique de t correspondant à 24 d.l pour coefficient de risque de 5% est : t_{0,05} = 1,711. La valeur critique de t correspondant à 12 d.l pour un coefficient de risque de 5% est = t_{0,05} = 1,782.

Ainsi pour toutes valeur de $t < t_{0,05}$ on conclut que les deux moyennes m_1 et m_2 ne sont pas significativement différentes, et toute valeur de $t > t_{0,05}$ montre une différence significative entre les deux moyennes m_1 et m_2 .

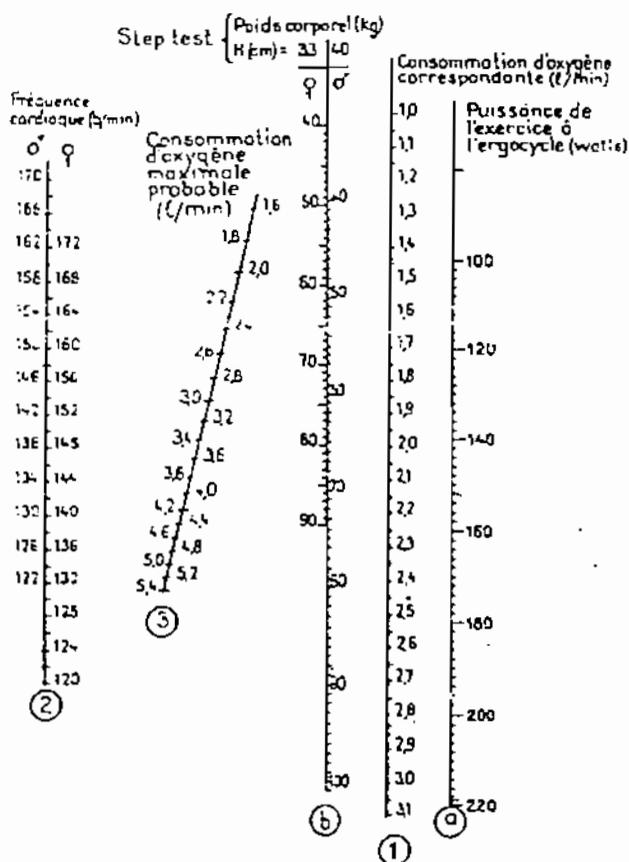


FIGURE 4

: Test d'ASTRAND et RYHMING

On procède successivement aux opérations suivantes :

- indiquer la puissance développée en portant un point sur l'échelle a (ergocyclomètre) ou b (step-test ; homme ou femme).
- tirer un trait horizontal partant de ce point sur l'échelle 1 : on a la valeur de la $\dot{V}O_2$ pour cet exercice.
- indiquer la fréquence cardiaque correspondante et mesurée, en portant un point sur l'échelle 2, homme ou femme.
- tirer une droite entre le point déterminé sur l'échelle 1 et sur l'échelle 2.
- l'intersection avec l'échelle 3 donne la valeur de la $\dot{V}O_2$ max probable.

Remarque :

a) si l'on mesure 2 valeurs de fréquence pour 2 paliers de 50 et 100 W, les droites de construction se recoupent généralement assez bien sur l'échelle 3.

b) le nomogramme original d'ASTRAND et RYHMING (1954), souvent reproduit, indique des puissances en Kgm.min. 1 Kgm.min = 0,163 W et 1 W = 6,12 Kgm.min. Celui-ci est corrigé en W (modifié d'après MONOD et FLANDROIS, Physiologie du Sport, Masson éd., Paris, 1985).

TROISIEME PARTIE

PRESENTATION, COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

CHAPITRE I : RESULTATS ET COMMENTAIRES

A - PRESENTATION DES RESULTATS

Le tableau 1 présente la moyenne et l'écart type des données anthropométriques (âge, taille et poids) des groupes de diabétiques hommes et femmes et des groupes de témoins hommes et femmes.

Les valeurs individuelles ainsi que la moyenne et l'écart-type du pouls de repos (P_0), du pouls immédiatement après effort (P_1), du pouls après 1 mn de récupération (P_2) et de l'indice de Ruffier DICKSON (IRD) des groupes d'hommes témoins, d'hommes diabétiques, de femmes témoins et de femmes diabétiques sont respectivement présentées dans les tableaux 2,3,4 et 5.

La moyenne et l'écart-type de l'IRD, de la capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 bat/mn (CT 170 en watt et en watt/kg) et de la consommation maximale d'oxygène (VO_2 max en l/mn et en ml. $Kg^{-1} \cdot mn^{-1}$) des différents groupes cités précédemment sont consignés dans le tableau 6.

Les valeurs individuelles de CT 170 et de VO_2 max ainsi que les fréquences cardiaques de la dernière minute du premier palier (FC1) et du deuxième palier (FC2), des groupes d'hommes témoins, d'hommes diabétiques, de femmes témoins et de femmes diabétiques figurent respectivement dans les tableaux 10, 11, 12 et 13 (voir annexe)

Le tableau 8 et 9 présente les valeurs individuelles des données anthropométriques des différents groupes (voir annexe).

Les figures 2,3 et 4 présentent respectivement les résultats de l'indice de Ruffier-Dickson, de la capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 bat/mn et de la consommation maximale d'oxygène des différents groupes.

Le tableau 7 présente les coefficients de corrélation entre les différentes variables étudiées (CT170, IRD et VO_2 max) des différents groupes.

Tableau N° 1 : Moyenne et écart - type des données anthropométriques des différents groupes

		HOMMES						FEMMES					
		DIABETIQUES (n = 13)		TEMOINS (n = 13)		t	D.S.	DIABETIQUES (n = 7)		TEMOINS (n = 7)		t	D.S.
Variables		Moyennes	Ecart type	Moyenne	Ecart type			Moyennes	Ecart type	Moyenne	Ecart type		
Age	(année)	26,69	3,92	26,69	3,3	0,42	NS	22,14	4,48	22,42	3,99	0,21	NS
Poids	(kg)	64,85	5,17	64	6,93	0,73	NS	60,29	5,39	59,71	6,62	0,38	NS
Taille	(cm)	177	9,5	177,3	8,39	0,31	NS	163	6,95	163,44	7,39	0,24	NS

t : Valeur du test de Student D.S. : degré de signification NS : différence non significative

Tableau N°2 : Valeurs individuelles de l'indice Ruffier-Dickson (IRD) Groupe d'hommes Témoins

N° Sujets	P0	P1	P2	I.R.D.	Appréciation
1	74	128	84	7,8	B
2	65	110	78	6,6	B
3	64	116	79	7,6	B
4	81	122	94	7,8	B
5	67	112	84	7,6	B
6	72	124	90	9	M
7	67	108	92	8,8	M
8	80	125	91	7,7	B
9	67	119	80	7,5	B
10	75	139	102	12,3	M
11	76	120	93	8,4	M
12	79	127	92	8,3	M
13	76	124	88	7,8	B
Moyenne	72,53846	121,0769	88,23077	8,246154	
Ecart.type	5,93879	8,391082	6,942068	1,364194	

Tableau N° 3 : Valeurs individuelles de l'indice Ruffier-Dickson (IRD) Groupe d'hommes diabétiques

N° Sujets	P0	P1	P2	I.R.D.	Appréciation
1	65	116	78	7,2	B
2	72	118	87	7,8	B
3	76	125	90	8,3	M
4	84	120	97	7,6	B
5	70	124	98	11	M
6	68	123	86	8,9	M
7	72	124	98	10,6	M
8	75	117	92	8,1	M
9	71	120	86	8	B
10	79	122	94	8,2	M
11	67	120	76	6,8	B
12	80	130	98	9,6	M
13	65	128	80	8,8	M
Moyenne	72,61538	122,0769	89,23077	8,530769	
Ecart type	5,92366	4,15254	7,822551	1,242568	

P0 : Pouls au repos

P1 : Pouls immédiatement après effort

P2 : Pouls après une minute de récupération

B : Bon M : Moyen

Tableau N° 4 : Valeurs individuelles de l'indice Ruffier-Dickson (IRD) Groupe de femmes Témoins

N° Sujets	P0	P1	P2	I.R.D.	Appréciation
1	76	124	84	7	B
2	78	124	98	9,4	M
3	70	129	91	10,1	M
4	92	136	106	9,4	M
5	80	127	94	8,5	M
6	72	120	80	6,6	B
7	75	130	98	10,6	M
Moyenne	77,57143	127,1429	93	8,8	
Ecart type	7,2078	5,177791	8,888194	1,517674	

Tableau N° 5 : Valeurs individuelles de l'indice Ruffier-Dickson (IRD) Groupe de femmes diabétiques

N° Sujets	P0	P1	P2	I.R.D.	Appréciation
1	78	117	94	7,9	B
2	68	118	84	8	B
3	75	120	98	9,6	M
4	90	135	109	10,3	M
5	80	120	99	8,8	M
6	76	120	90	7,8	B
7	84	124	110	10,6	M
Moyenne	78,71429	122	97,71429	9	
Ecart type	6,993194	6,137318	9,499373	1,176152	

P0 : Pouls au repos

P1 : Pouls immédiatement après effort

P2 : Pouls après une minute de récupération

B : Bon M : Moyen

Tableau N° 6 : Moyenne et écart - type des variables : IRD, CT 170 et VO2 Max des différents groupes

Variables	HOMMES						FEMMES					
	DIABETIQUES (n=13)		TEMOINS (n=13)		t	D.S.	DIABETIQUES (n=7)		TEMOINS (n=7)		t	D.S.
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type			Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type		
IRD	8,5	1,2	8,24	1,36	0,5168	N.S	9	1,17	8,8	1,52	0,2758	N.S
CT 170 (watt)	113,19	8,68	115,48	10,24	0,615	N.S	81,38	4,91	83,52	3,23	0,9633	N.S
CT 170 (watt/kg)	1,75	0,19	1,8	0,24	0,5889	N.S	1,35	0,1	1,41	0,17	0,8048	N.S
Vo2 Max (l/min)	2,02	0,24	2,09	0,21	0,7914	N.S	1,82	0,16	1,94	0,07	1,8179	N.S
VO2 Max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	31,43	4,79	32,74	5,26	0,6639	N.S	30,37	2,54	32,96	3,67	1,5353	N.S

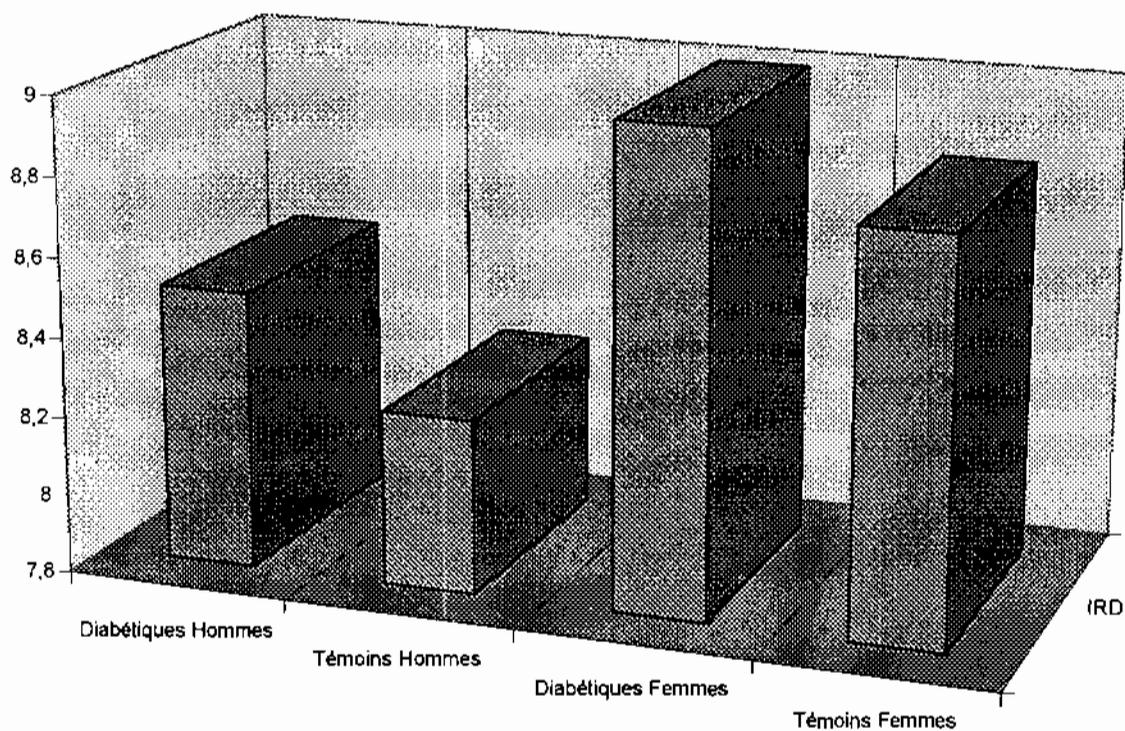
t : Valeur du test de Student D.S. : degré de signification NS : différence non significative

IRD : Indice de Ruffier Dickson CT 170 : Capacité de travail à la fréquence cardiaque de 170 bat / min (w, w/kg), Consommation maximale d'oxygène (L/min, ml/kg⁻¹min⁻¹)

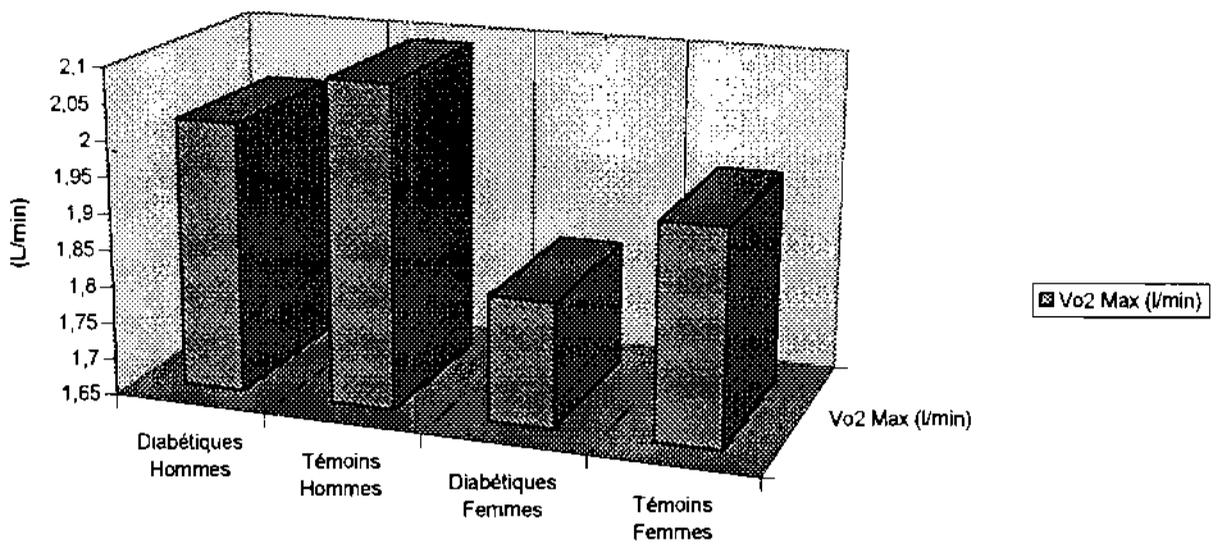
	Diabétiques Hommes	Témoins Hommes	Diabétiques Femmes	Témoins Femmes
--	--------------------	----------------	--------------------	----------------

IRD	8,5	8,24	9	8,8
CT 170 (watt)	113,19	115,48	81,38	83,52
CT 170 (wat/kg)	1,75	1,8	1,35	1,41
Vo2 Max (l/min)	2,02	2,09	1,82	1,94
VO2 Max (ml.kg ⁻¹ .min)	31,43	32,74	30,37	32,96

Indice de Ruffier des différents groupes
(Figure n°2)



Consommation Maximale d'oxygène des différents groupes
(Figure n° 4)



Capacité de travail à la fréquence cardiaque de 170 bat/min
(Figure n°3)

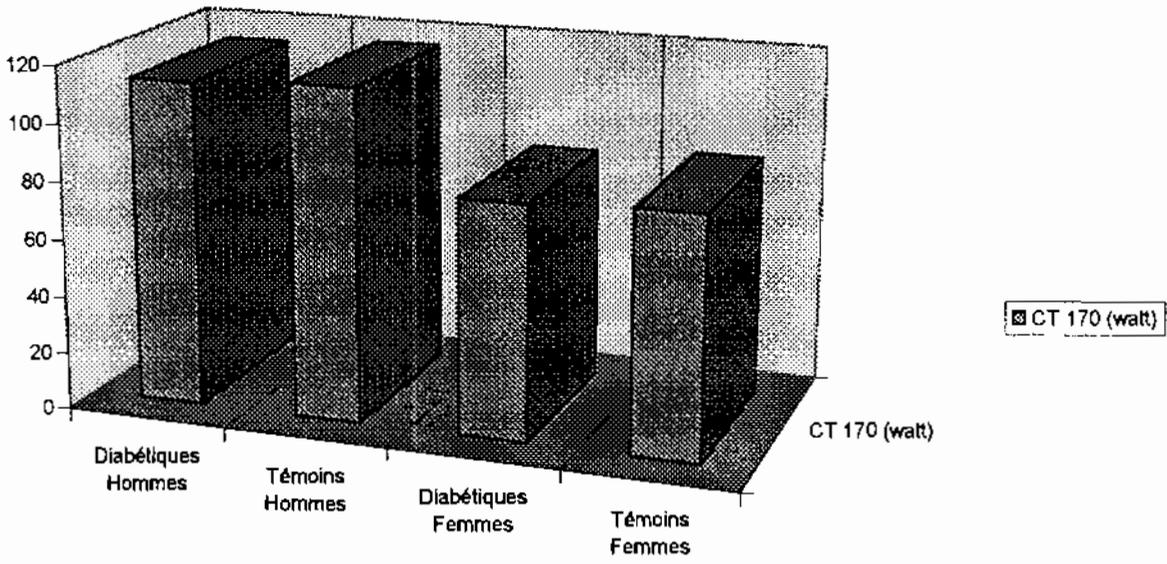


Tableau 7 : Coefficients de corrélation entre l'indice de Ruffier-Dickson (IRD) et la CT170, entre IRD et la consommation maximale d'oxygène (Vo₂ max), entre CT170 et Vo₂ max des différents groupes.

Variables Correlées	Coefficients de corrélation calculés dans les groupes			
	Hommes diabétiques (n=13)	Hommes témoins (n = 13)	Femmes diabétiques (n =7)	Femmes témoins (n = 7)
IRD et CT170 (watt)	-0,54*	-0,400 NS	- 0,56 NS	-0,51 NS
IRD et Vo ₂ max (l/mn)	-0,34 NS	-0,63*	-0,14 NS	-0,52 NS
CT170 (watt) et Vo ₂ max (l/mn)	0,69*	0,55*	0,71*	0,93*

* = relation significative (r supérieur à 0,404 et 0,576 respectivement pour les groupes d'hommes et de femmes; p<0,05)

NS = relation non significative (r inférieur à 0,404 et 0,576 respectivement pour les groupes d'hommes et de femmes; p < 0,05)

B - COMMENTAIRES

1 - Données anthropométriques (tableau 1)

Les valeurs moyennes de l'âge du poids et de la taille du groupe d'hommes diabétiques (respectivement : $26,69 \pm 3,92$ ans, $64,85 \pm 5,17$ kg et $177 \pm 9,50$ cm) ne sont pas significativement différentes de celles du groupe de témoins du même sexe ($26,69 \pm 3,30$ ans; $64 \pm 6,93$ kg et $177,30 \pm 8,39$ cm). De même, les deux groupes de sujets féminins (diabétiques et témoins) sont comparables au point de vue âge, taille et poids. En effet, avec les valeurs de $22,14 \pm 4,48$ ans, $163 \pm 6,95$ cm et $60,29 \pm 5,37$ kg chez les filles diabétiques sont statistiquement comparables à celles mesurées chez les témoins du même sexe ($22,42 \pm 3,99$ ans, $163,44 \pm 7,93$ cm et $59,71 \pm 6,62$ kg).

2 - Valeurs du test de Ruffier-Dickson (Tableaux 2,3,4 et 5).

La comparaison entre groupes masculins (tableaux 2 et 3) montre que les sujets diabétiques se caractérisent par un pouls de repos (P_0) moyen ($72,61 \pm 5,69$ bat/mn) quasiment égale à celui des témoins ($72,53 \pm 5,70$ bat/mn).

De même, les valeurs moyennes des pouls mesurées, chez nos sujets diabétiques masculins, immédiatement à la fin des 30 flexions (P_1) et après une minute de récupération (P_2) (respectivement $121,84 \pm 3,95$ et $89,23 \pm 7,51$ bat/mn) ne sont pas significativement différentes de celles des témoins de même sexe ($P_1 = 121,07 \pm 8,06$ bat/mn; $P_2 = 88,23 \pm 6,06$ bat/mn).

Aussi, la comparaison des indices de Ruffier-Dickson moyens calculés chez le groupe d'hommes diabétiques ($8,5 \pm 1,15$) et chez les témoins masculins ($8,24 \pm 1,31$) ne révèle pas une différence significative, malgré une valeur légèrement plus faible chez ces derniers.

De même, la valeur moyenne de l'IRD du groupe de femmes témoins (8,8) n'est pas significativement différente de celle du groupe des diabétiques du même sexe (9).

Par ailleurs, la fréquence cardiaque relevée à la fin des 30 flexions (P1) ne représente, dans l'ensemble de nos groupes, qu'environ 62% de la fréquence cardiaque maximale théorique ($220 - \text{âge}$).

3 - Consommation maximale d'oxygène ($\text{Vo}_2 \text{ max}$) et capacité de travail à la fréquence cardiaque de 170 bat/mn (CT170) (tableau 6).

La comparaison des valeurs de CT170 et de $\text{Vo}_2 \text{ max}$ entre groupes de même sexe ne révèle pas de différences de moyennes significatives.

En effet, la CT170 et le $\text{Vo}_2 \text{ max}$ du groupe d'hommes témoins qui sont respectivement de 115,48 watts (soit $706,74 \text{ kgm. mn}^{-1}$) et $2,09\text{l/mn}$ ($32,74 \text{ ml. kg}^{-1} \text{ mn}^{-1}$) sont comparables statistiquement à ceux des diabétiques masculins (respectivement $692,72 \text{ kgm. mn}^{-1}$ et $31,43 \text{ ml. kg}^{-1} \text{ mn}^{-1}$).

Cependant ces valeurs sont plus faibles que celles observées chez des sédentaires sénégalais lors d'une étude il y a dix ans. En effet ces derniers ont présenté des valeurs moyennes de $\text{Vo}_2 \text{ max}$ et de puissance respectivement de $43,16 \pm 1,40 \text{ ml. kg}^{-1} \text{ mn}^{-1}$ et $891,66 \pm 67,18 \text{ kgm. mn}^{-1}$ (3).

Même si les valeurs de CT170 et le $\text{Vo}_2 \text{ max}$ observées chez les groupes féminins sont plus faible que celles de sujets masculins, la comparaison entre groupe de témoins féminins ($83,52 \text{ watts}$ et $1,94 \text{ l/mn}$) et celui des femmes diabétiques ($81,38 \text{ watts}$ et $1,82 \text{ l/mn}$) ne laisse pas apparaître une différence significative entre les deux moyennes.

4 - Les coefficients de corrélation (r) (tableau 7)

Dans le but de pouvoir déterminer une éventuelle relation entre les variables étudiées (CT170, $\text{Vo}_2 \text{ max}$ et IRD), nous avons calculé les coefficients de corrélation.

Entre IRD et CT170 (watt) d'une part et entre IRD et $\text{Vo}_2 \text{ max}$ (l/mn) d'autre part, la relation demeure faible et négative dans l'ensemble, chez nos groupes de sujets.

Entre CT170 et $\dot{V}O_2$ max, il existe une relation positive significative chez l'ensemble de nos groupes.

CHAPITRE II : DISCUSSIONS

L'absence d'une différence de moyenne significative des données anthropométriques (âge, poids, taille) entre groupes diabétiques (hommes et femmes) et groupes témoins correspondant est due au fait que les témoins ont été appariés aux diabétiques pour le sexe, l'âge et la taille. En effet, ils ont été sélectionnés en tenant compte des valeurs anthropométriques des sujets diabétiques. Cette sélection a tenu compte aussi, du degré de sédentarité des groupes de sujets diabétiques. C'est pourquoi nous avons, aussi bien chez le groupe de diabétiques que chez le groupe témoin, un niveau d'entraînement qui est en moyenne une séance de footing de 25 minutes tous les 15 jours.

Ce fait est témoigné par les valeurs moyennes de fréquence cardiaque de repos relevées chez ces sujets. Ainsi nous ne sommes pas surpris de constater que ces valeurs correspondent à celles de personnes sédentaires qui oscillent entre 72 et 80 bat/mn.

Cependant, ces pouls moyens de repos observés chez nos sujets sont légèrement supérieurs à ceux des sujets bien entraînés, en particulier ceux des coureurs de fond de l'ASFA (Association Sportive des Forces Armées du Sénégal) qui ont présenté des valeurs moyennes de 48 à 64 bat/mn lors d'une étude faite il y a six ans (23). Ceci peut être expliqué par le fait qu'au repos, l'activité du nerf vague cardiomodérateur domine celle du sympathique cardioaccélérateur et ralentit le rythme cardiaque. L'entraînement physique (d'endurance surtout) augmentant le tonus vagal, il est donc tout à fait normal que la fréquence cardiaque de repos de ces athlètes de l'ASFA soit inférieure à celle de nos sujets.

Par le test de Ruffier Dickson nous avons évalué l'aptitude physique générale de nos sujets. Ce test nous permet d'avoir un aperçu de leur état cardiovasculaire et de leur capacité de récupération. Les normes de scores établis par Ruffier et Dickson (page²⁵) ont été nos références pour situer nos sujets. Ceci nous a permis de constater que l'ensemble de nos groupes de sujets (diabétiques et témoins) se situe au delà de 8. Cela peut être expliqué par le fait que même si le pouls mesuré immédiatement à la fin du test de Ruffier-Dickson (P1) est relativement peu élevé, nos sujets ont présenté cependant une récupération assez lente. En effet, l'analyse des paramètres qui interviennent dans le score de l'IRD montre que :

- le pouls de repos (Po) dépend du système neurovégétatif (prédominance du nerf parasympathique sur le nerf sympathique).

- la valeur peu élevée de la fréquence cardiaque à la fin de l'exercice (P1) peut s'expliquer par le fait que le test de Ruffier-Dickson est un exercice d'intensité moyenne qui s'effectue dans un temps très court (34). En effet P1 est un paramètre qui tient compte de la composante nerveuse au début de l'exercice (déséquilibre en faveur du sympathique) mais aussi de l'intensité de l'exercice.

- Le pouls de récupération (P2) est aussi sous l'influence du système neurovégétatif. En effet, au cours de la récupération, il y a une diminution rapide de l'influence

accélératrice cardiaque du système nerveux orthosympathique alors que, plus progressivement, réapparaît l'influence modératrice du système nerveux parasymphathique (4). Cette diminution de P2 est d'autant plus importante que le sujet est entraîné en endurance.

Ceci nous amène à penser, comme BODELET et al (4) que le facteur neurovégétatif, est primordial dans le score de l'IRD.

Cependant, le fait que, d'une part, aucun de nos sujets, ne s'est situé dans la zone des inaptitudes (c'est à dire un score de IRD > 15) et que, d'autre part, certains sujets (aussi bien des groupes de témoins que des groupes de diabétiques) ont présenté un "bon" indice de Ruffier-Dickson ($3,1 \leq \text{IRD} \leq 8$), nous fait penser que dans l'ensemble nos sujets sont aptes à pratiquer des activités physiques et sportives.

En plus de l'IRD qui constitue, entre autres, une appréciation de l'équilibre neurovégétatif, la consommation maximale d'oxygène $\text{Vo}_2 \text{ max}$ et la capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 bat/mn (CT170) ont été évalué chez nos sujets.

La comparaison entre les valeurs moyennes de $\text{Vo}_2 \text{ max}$ observées chez nos sujets diabétiques et celles relevées chez nos témoins confirment les travaux de Jandrain et al. (1988) qui n'ont pas trouvé de réelles différences statistiques entre la capacité aérobie des diabétiques équilibrés et celle de sujets non diabétiques appariés pour le sexe, l'âge et la taille (21).

Cette faible baisse observée chez certains diabétiques peut être due, pour une part, par le fait que le diabétique est un individu physiquement moins actif et d'autre part par la conséquence directe de l'état de santé du diabétique. En effet dans la mesure où le contrôle du diabète est plus ou moins adéquat, la réduction du volume plasmatique induit par l'administration d'insuline, peut être préjudiciable à la réalisation d'un effort (la diminution de la masse circulante pouvant affecter les ajustements circulatoires) (21).

Les faibles coefficients de corrélation trouvés, d'une part, entre l'IRD et la CT170 et d'autre part entre IRD et le $\text{Vo}_2 \text{ max}$, ne sont pas étonnants car le métabolisme anaérobie participe en grande partie à la réalisation du test de Ruffier-Dickson. En effet les travaux de Vandewalle et al. (1984) ont montré que pendant la réalisation des 30 flexions une bonne part de la dépense énergétique est assurée par le métabolisme anaérobie (34).

Les valeurs élevées des coefficients de corrélation entre CT170 et $\text{Vo}_2 \text{ max}$ peuvent être expliquées par le fait que le $\text{Vo}_2 \text{ max}$ a été déterminé à l'aide de la fréquence cardiaque de la dernière minute de pédalage du deuxième palier (correspondant à 100w pour les hommes et 75 w pour les femmes); cette même valeur de fréquence cardiaque intervenant d'une façon déterminante dans l'évaluation de la CT170, il est tout à fait normal donc, d'observer une forte corrélation entre ces deux variables.

CHAPITRE III : INTERETS ET LIMITES DE L'ETUDE

Les résultats obtenus de cette étude, pourront être utilisés pour montrer aux diabétiques qu'il sont capables, quand ils s'adonnent à des activités physiques et sportives, d'atteindre les mêmes niveaux de performance sportive que les sujets sains. Ceci pourra les motiver à promouvoir l'adoption d'un mode de vie sain et à favoriser le développement d'une attitude positive à l'égard des activités physiques et sportives. La participation du diabétique à ces dernières pourra :

- contribuer à développer ses aptitudes physiques,
- l'aider à comprendre les notions se rattachant au conditionnement physique d'une part, et la relation entre sa forme physique et son état de santé d'autre part,
- le motiver à réaliser son potentiel dans le domaine de la condition physique et à prendre l'habitude de s'adonner régulièrement à des activités physiques dont il profitera toute sa vie.

Cependant, ce travail a connu des limites. En effet, il a été fait sur un échantillon de population réduit ($n = 20$), de plus nous déplorons l'absence d'un bilan paraclinique complet incluant le test d'Emmell et la numération formule sanguine, ceci pouvait nous permettre d'écarter l'hypothèses d'une éventuelle hémoglobinopathie (anémie, drépanocytose) pouvant modifier la consommation maximale d'oxygène de nos sujets.

Aussi, quoi qu'accessible et facile à administrer, l'épreuve de CT170, comme beaucoup de tests de détermination indirecte ou de prédiction de la consommation maximale d'oxygène, est sujet à erreurs.

La marge d'erreur pouvant atteindre 20% pour certains sujets (Davies, 1968). Ces imprécisions sont dues aux modalités de l'épreuve utilisée mais proviennent aussi du caractère spécifique des formules de prédiction de Vo_2 max ou des nomogrammes proposés à cet effet. Ces erreurs sont liées aussi aux imprécisions des méthodes d'estimation de la fréquence cardiaque et aux variations intra et interindividuelles de celle-ci. En effet, d'une journée à l'autre, pour un même sujet, la fréquence cardiaque atteinte à une puissance donnée, peu varier de plus ou de moins de 10% (Astrand, Rodhal, 1980), en fonction de l'état de forme du sujet et des conditions d'administration de l'épreuve.

Cependant, ces tests d'effort sous maximal ont été choisis parce que s'adressant à des populations parfaitement sédentaires. En effet, il s'agissait d'être raisonnablement prudent et d'éviter de soumettre nos sujets à des épreuves d'effort maximal

RESUME ET CONCLUSION

Si de nombreuses études ont été consacrées aux avantages métaboliques apportés par les activités physiques et sportives chez les diabétiques, rare sont celles qui ont été à nos jours centrées sur l'aptitude physique à la pratique sportive des patients diabétiques insulinodépendants traités.

L'indice de Ruffier-Dickson (IRD), la consommation maximale d'oxygène et la capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 bat/mn ont été évalués chez 20 patients diabétiques insulinodépendants (13 hommes et 7 filles) et chez 20 témoins normaux anthropométriquement semblables.

Les résultats de notre étude, réalisée certes sur un échantillon de petite taille, semble indiquer que même si les valeurs moyennes de la consommation maximale d'oxygène, et la CT170 et de l'IRS sont légèrement plus faibles chez les diabétiques que chez les témoins normaux soumis aux mêmes protocoles, la différence non significative des moyennes de ces deux groupes montre que les diabétiques traités ont des aptitudes physiques presque semblables à celles des sujets normaux et pourront donc prétendre aux même performances sportives que ces derniers.

Ainsi, les discordances relevées dans la littérature quant aux performances sportives potentielles des diabétiques comparés à des témoins normaux s'expliquent donc probablement par l'existence ou non de complications dégénératives chez ces sujets diabétiques étudiés.

Cependant, il reste à démontrer dans une plus large population que d'une part, les sujets diabétiques traités peuvent améliorer les paramètres étudiés dans ce travail (IRD, CT170, Vo₂ max au même titre que les sujets normaux (témoins), d'autre part, que l'activité physique et sportive, pratiquée de façon régulière pourrait agir favorablement sur certains paramètres biologiques tels que la glycémie, la cholestérolémie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - **ASTRAND (P.O), RODHAL (K.)**
Précis de physiologie de l'exercice musculaire.
Paris, Masson, 1980, P. 508.
- 2 - **ASTRAND (P.O.), RYHMING (I.)**
nomogram for calculation of aérobiic capacity from pulse rate during submaximal work.
J. Appl. Physiol. Chap.7, 1954, pp. 218 - 221.
- 3 - **BA (H.)**
Evaluation de l'aptitude physique à partir d'épreuves de laboratoire :
Puissance maximale aérobie, modification de la pression artérielle à l'exercice maximale.
Mémoire de maîtrise, INSEPS, Dakar, 1986.
- 4 - **BODELET (J.), BOURA (M.)**
Trois ans d'entraînement contrôlé par différents tests. Signification et valeurs de ces tests.
Médecine du sport, T. 58, N°1, 1984, pp. 18-22.
- 5 - **BOITARD (C.), ASSAN (R.)**
Diabète insulino dépendant : mécanismes physiologiques.
Traité de diabétologie, 7, 1985, pp. 294 - 302.
- 6 - **CAZORLA (G.), DUDAL (J.)**
Programme d'évaluation de la motricité de l'enfant et de l'adolescent :
Etape 1 - Evaluation des qualités physiques.
Ministère des relations extérieures. Coopération et développement, 1984.
- 7 - **COOPER (K.H.)**
A mean of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing.
J. Am. Med. Assoc., 203, 1968, pp. 201 - 204.
- 8 - **CRAPLET (C.), CRAPLET (P.)**
Physiologie et activité sportive.
Paris, Vigot, chap 35, 1986, pp. 338 - 340.

- 9 - CRIELAARD (J.M.), PIRNAY (F.)
Anaerobic and aerobic power top athletes.
Eur. J. Appl. Physiol., 47, 1981, pp. 295 - 300

- 10 - DAH (C.)
Evaluation de l'aptitude physique : intérêt, méthodes et application pratique.
Publications médicales africaines, N° 130, Avril/Mai/Juin 1994, pp. 38-42.

- 11 - DAVIES (D.T.M.)
Limitations to the predicting of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements.
J. Appl. Physiol. 24, 1968, pp. 700-706.

- 12 - DE MONDENARD (J.P.)
Diabète, sport et contrôle antidopage.
Médecine du sport, N°6, 1990, pp. 283-287.

- 13 - DICKSON (J.)
L'utilisation de l'indice de Ruffier dans le contrôle médico-sportif.
Med. Educ. Phys. Sport, 2, 1950, P. 65.

- 14 - DORCHY (H.), SPOORTMAN (J.)
Sport et diabète de l'enfant et de l'adolescent.
Annales de pédiatrie, vol. 38, N°4, 1991, pp. 217-223.

- 15 - FALL (A.), PIRNAY (F.)
Qualités physiques des mélanos africains.
Médecine du sport, Tome 63, N° 5, 25 Sept. 1989, pp. 266-274.

- 16 - FOX (E.)
Simple accurate technique for predicting maximal aerobic power.
J. Appl. Physiol. N°35, 1973, pp. 914 - 916.

- 17 - GALBO (H.)
Hormonal and metabolic adaptation to exercise.
Stuttgart - New York, Thieme - Stratton, vol.1, 1983.

- 18 - GAUTIER (J.F.)
Activité sportive et diabète de type I.
Diabète et métabolisme, vol. 20, N°4, 1994, pp. 439-442.
- 19 - GIN (H.), AUBERTAIN (J.)
Sport et diabète.
Vie médicale, N° 17-18, 1983, pp. 787-790.
- 20 - GUILLET (R.), GENETY (J.), BRUNE-GUEDJ (E.)
Diabète et sport in "Medecine du sport".
Paris, Masson, 1984, pp. 325-334.
- 21 - JANDRAIN (B.), PIRNAY (F.), SCHEEN (A.), LEFEBVRE (P.J.)
Adaptations au sport du diabétique traité par l'insuline.
Diabète et métabolisme, vol. 14, N°2, 1988, pp. 127-135.
- 22 - KARPOVICH (P.V.), SINNING (W.E.)
Physiologie de l'activité musculaire.
Paris, Vigot, edit N° 7, 1983.
- 23 - KEBE (D.)
Etudes correlative de deux méthodes d'évaluation indirectes de la consommation maximale d'oxygène avec les performances de 3 000 m. Mémoire de maîtrise, INSEPS, Dakar, 1990.
- 24 - LANG (G.), FRANK (H.), MULLER (C.)
Sport et diabète chez l'enfant.
Médecine du sport, vol. 68, N°5, 1994, pp. 242-249.
- 25 - LEGER (L.)
Test de course navette de 20m pour évaluer la capacité aérobie des adultes :
Rapport soumis au Ministère du Loisir, de la chasse et de la pêche du Québec en
Décembre 1980.
- 26 - LESTRADET (H.)
Diabète sucré et exercice physique.
Cah. Nutr. Diet. 2, 1986, pp. 143-147.

- 27 - LIAN (C.)
Epreuve d'aptitude physique à l'effort.
Presse médicale, 24, 1916, pp. 563-567.
- 28 - LOBE (E.)
Pourquoi et comment dépister les complications dégénératives du diabète ?
Revue Africaine de Diabotologie, N°2, Sept 1994, pp. 10-11.
- 29 - MONOD (H.), FLANDROIS (R.)
Physiologie du sport : Bases physiologiques des activités physiques et sportives.
Paris - Milan - Barcelone - Masson, 37 édition, 1994, P. 235.
- 30 - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (O.M.S.)
Le diabète sucré : Rapport d'un groupe d'étude de l'O.M.S.
Genève, 1980, P. 123.
- 31 - PERONNET (F.), METIVIER (G.), BRASSARD (L.)
Diabète et activité physique in "Physiologie de l'activité physique".
Paris - ST Hyacinthe, Vigot- Edisen, 1980, pp. 175-189.
- 32 - SENGHOR (G.), SANOKHO (A.), KUAKUVI (N.),
HAFID (A.)
Le diabète sucré chez l'enfant africain.
Med. Af. Noire, 26, 1979, P. 815.
- 33 - SOW (A.M.), DIOP (S.N.)
Diabète en milieu africain.
U.C.A.D. - Faculté de Médecine et de Pharmacie.
- 34 - VANDEWALLE (H.), SEBERT (M.P.) ALIMORADIAN (S.), MONOD (H.)
Bioénergétique du test de Ruffier.
Médecine du sport, N° 5, 1984, pp. 14-244-20-250.

ANNEXE

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR
D'EDUCATION POPULAIRE ET DU
SPORT - INSEPS - DAKAR.

QUESTIONNAIRE

Ce présent questionnaire qui vous est adressé s'inscrit dans le cadre d'une recherche en sciences et techniques des activités physiques et sportives (STAPS) sur le thème : Diabète et activités sportives.

Il est destiné à recueillir des informations qui seront exploitées à des fins exclusivement scientifiques.

En vous garantissant l'anonymat le plus absolu, nous vous remercions d'avance de votre précieuse collaboration.

- 1 - Nom
- 2 - Prénom
- 3 - Sexe
- 4 - Age
- 5 - Profession
- 6 - Adresse/Tel
- 7 - Taille Poids
- 8 - * Quel type de diabète avez-vous ?
 DID : DNID :
- 9 - Depuis quand avez-vous le diabète ?
- 10 - Pratiquez-vous des activités physiques ou sportives ?
 Si Oui, lesquelles .
 Depuis quand ?
 Combien de fois par semaine ?
 La durée de chaque séance ?
- 11 - Quel type d'alimen prenez-vous :
 dans votre régime quotidien ?
 avant le pratique d'activité physique ?
- 12 - * Quel type de traitement prenez-vous ?

NB : (*) : Question réservées aux sujets diabétiques

Tableau N° 8 : Données anthropométriques des sujets

N° sujets	Groupe d'hommes diabétiques			Groupe d'hommes témoins		
	Age	Poids	Taille	Age	Poids	Taille
1	29	67	182	29	68	182
2	24	71	189	28	60	179
3	27	63	169	23	70	193
4	21	57	188	32	65	168
5	32	58	174	24	59	180
6	27	68	176	30	80	183
7	33	71	174	28	64	181
8	30	68	191	31	70	180
9	20	63	157	25	71	185
10	29	69	178	26	56	171
11	24	56	171	24	60	162
12	26	64	169	21	62	170
13	25	68	182	26	56	171
Moyenne	26,69231	64,84615	176,9231	26,69231	64,69231	177,3077
Ecart-type	3,923957	5,177615	9,552151	3,301126	6,932828	8,390318

Tableau N°9 : Données anthropométriques des sujets

N° sujets	Groupe de femmes diabétiques			Groupe de femmes témoins		
	Age	Poids	Taille	Age	Poids	Taille
1	25	63	161	26	54	165
2	18	62	171	20	59	158
3	21	50	153	18	60	168
4	27	60	157	22	64	157
5	19	64	165	28	49	170
6	17	66	172	18	63	152
7	28	57	162	25	69	172
Moyenne	22,14286	60,28571	163	22,42857	59,71429	163,1429
Ecart-type	4,488079	5,376315	6,952218	3,994043	6,626067	7,537209

SUJETS	FC1 (batt/mn)	FC2 (batt:mn)	CT170 (watts)	CT170 (watt/kg)	VO ₂ Max (l/mn)	VO ₂ Max (ml/kg/mn)
1	129	164	108,57	1,70	1,98	29,12
2	131	156	128,00	2,13	2,13	35,50
3	127	153	132,69	1,89	2,42	34,57
4	136	165	108,62	1,67	1,79	27,54
5	130	158	121,43	2,06	2,31	39,15
6	134	161	116,66	1,46	1,78	22,25
7	129	160	116,13	1,81	2,06	32,18
8	132	167	104,28	1,49	1,86	26,57
9	132	158	123,07	1,73	2,,31	32,53
10	138	169	101,61	1,81	1,94	34,64
11	135	165	108,68	1,81	2,20	36,66
12	136	167	104,84	1,69	2,09	33,71
13	133	157	127,08	2,27	2,31	41,25

TABLEAU N°10: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque au premier palier (FC1), au deuxième palier (FC2), de la capacité de travail à 70 battements par minute (CT170) et de la consommation maximale d'oxygène (VO₂ Max) du groupe TEMOINS (HOMMES).

SUJETS	FC1 (batt/mn)	FC2 (batt:mn)	CT170 (watts)	CT170 (watt/kg)	VO ₂ Max (l/mn)	VO ₂ Max (ml/kg/mn)
1	128	156	125,00	1,86	2,15	32,10
2	140	163	115,22	1,62	2,20	30,98
3	131	160	117,24	1,84	2,05	32,53
4	141	167	105,77	1,85	2,09	36,66
5	133	163	111,66	1,92	1,74	30,00
6	129	161	114,06	1,67	1,96	28,82
7	142	170	100,00	1,41	1,57	22,11
8	130	164	108,82	1,60	1,75	25,73
9	131	159	119,64	1,90	2,31	36,66
10	129	164	108,57	1,57	1,96	28,40
11	138	162	116,66	2,08	2,20	32,28
12	140	170	100	1,56	1,90	29,68
13	129	155	128,84	1,89	2,42	35,59

TABLEAU N°11: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque au premier palier (FC1), au deuxième palier (FC2), de la capacité de travail à 70 battements par minute (CT170) et de la consommation maximale d'oxygène (VO₂ Max) du groupe DIABETIQUES (HOMMES).

SUJETS	FC1 (batt/mn)	FC2 (batt:mn)	CT170 (watts)	CT170 (watt/kg)	VO ₂ Max (l/mn)	VO ₂ Max (ml/kg/mn)
1	141	161	86,25	1,59	1,98	36,66
2	149	165	82,81	1,40	1,87	31,69
3	139	1,62	83,69	1,39	2,04	34,00
4	148	168	77,5	1,21	1,87	29,22
5	139	163	82,29	1,68	1,89	38,57
6	137	159	87,5	1,39	2,01	31,90
7	134	160	84,61	1,22	1,98	28,69

TABLEAU N°12: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque au premier palier (FC1), au deuxième palier (FC2), de la capacité de travail à 70 battements par minute (CT170) et de la consommation maximale d'oxygène (VO₂ Max) du groupe TEMOINS (FEMMES).

SUJETS	FC1 (batt/mn)	FC2 (batt:mn)	CT170 (watts)	CT170 (watt/kg)	VO ₂ Max (l/mn)	VO ₂ Max (ml/kg/mn)
1	135	165	79,16	1,25	1,87	29,68
2	148	164	84,37	1,36	1,92	30,96
3	142	166	79,16	1,58	1,74	35,20
4	149	168	77,63	1,29	1,67	27,83
5	140	161	85,71	1,34	1,98	30,93
6	136	158	88,63	1,34	2,01	30,45
7	140	170	75,00	1,31	1,57	27,54

TABLEAU N°13: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque au premier palier (FC1), au deuxième palier (FC2), de la capacité de travail à 70 battements par minute (CT170) et de la consommation maximale d'oxygène (VO₂ Max) du groupe DIABETIQUES (FEMMES).

