

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTRE DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS

INSTITUT

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

**ETUDE DE LA RELATION ENTRE
LA CONSOMMATION MAXIMALE
D'OXYGENE ET LA PERFORMANCE
CHEZ DES ATHLETES DE FOND ET DE
DEMI-FOND.**

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

PRESENTE
PAR
EL HADJI GOUDIABY

DIRECTEUR DE MEMOIRE:

M. DJIBRIL SECK
DOCTEUR EN SCIENCE DE LA VIE ET DE LA SANTE
PROFESSEUR A L'I.N.S.E.P.S.

ANNEE ACADEMIQUE 1991-1992

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTRE DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS

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

**ETUDE DE LA RELATION ENTRE
LA CONSOMMATION MAXIMALE
D'OXYGENE ET LA PERFORMANCE
CHEZ DES ATHLETES DE FOND ET DE
DEMI-FOND.**

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

PRESENTE
PAR
EL HADJI GOUDIABY

DIRECTEUR DE MEMOIRE :

M. DJIBRIL SECK
DOCTEUR EN SCIENCE DE LA VIE ET DE LA SANTE
PROFESSEUR AL'I.N.S.E.P.S.



ANNEE ACADEMIQUE 1991-1992

JE DEDIE CE TRAVAIL...

A DIEU le Tout Puissant, créateur du ciel et de la terre, qui m'a toujours guidé.

A son prophète MOH. EL (P.S.L)

A mes Grands parents "in memoriam"

Ce travail est un prétexte pour moi de penser à vous. Que la terre natale de TENDOUCK vous soit légère.

. A ma mère AMINATA SAGNA

Les sacrifices que vous avez consentis pour moi resteront à jamais gravés dans ma mémoire.

Vous m'avez guidé dès mes premiers pas, conseillé, protégé et entouré d'un tendre amour sans faille.

Recevez ce travail, qui est finalement le vôtre, en témoignage de mon amour filial.

A la mémoire de mon père Atabou Goudiaby.

Trop tôt arraché à notre affection, je regrette infiniment votre absence. Que la terre natale de TENDOUCK vous soit légère. Recevez ce modeste travail en guise de reconnaissance éternelle.

A mes frères et soeurs Daouda, Adama, Moussoucouta, Binta, Malamine, Dienaba, Sidaty, Atabou Tombong, ChérifE, Awa, Yaya.

Pour que les liens sacrés qui nous unissent, fortifient chacun de nous et raffermissent notre famille.

Recevez ce travail comme gage de mon amour fraternel en vous conviant à mieux faire.

A mon oncle Malamine Goudiaby.

Vous m'avez beaucoup conseillé, aidé et soutenu durant toutes mes études au Lycée Djignabo de Ziguinchor.

Recevez ce travail comme étant le fruit de vos conseils.

A Mamadou Goudiaby, sa femme N'dèye Diatta et leurs enfants.

L'occasion m'est enfin donnée de vous exprimer ma profonde gratitude.

J'ai trouvé auprès de vous toute la chaleur et l'affection familiales.

A Ambroise Diémé, Timonthé Diémé, Alphousseyni Goudiaby.

Pour toute l'affection que vous n'avez jamais cessé de me témoigner.

A mes oncles et tantes dont je tairais les noms de peur d'en oublier certains.

Pour une union autour de la famille.

A Atab Tombong Goudiaby, Daouda et Adama goudiaby.

vosre disponibilité et votre gentillesse forcent l'admiration de tout le monde. Pour les encouragements et les conseils que vous m'avez apportés tout le long de mes études, trouvez ici l'expression de ma sincère gratitude.

A Youssouph Diatta et famille.

en témoignage de ma profonde affection.

A Aminata Minate Diatta et ses amies Aminata Mané, Awa Souara.
Il existe des moments où les mots deviennent inutiles pour
exprimer mes sentiments. Trouvez ici l'expression de ma
profonde estime.

A Alain Diémé, P.B.S, Dr Sébastien Diémé, Malicia Diatta, Bakary
Sambou et Badara Goudiaby.

Vous représentez plus que des frères et les mots me manquent
pour exprimer ce que je ressens en ce moment.

A mes frères et voisins de chambre (6E)
pour les merveilleux moments passés ensemble.

A mes frères de Liberté 6

Souffrez que je taise vos noms. Pour une fraternité toujours
plus forte.

A Salif Diatta et sa femme Amicolé Diedhiou.

En témoignage à ma profonde affection.

A tous les professeurs, le personnel et les étudiants de
l'INSEPS.

sincères remerciements.

A Abdoul Aziz N'diaye, technicien de laboratoire de l'INSEPS.

Pour son concours technique inestimable.

Au Professeur Fallou Cissé et l'infirmier Major Mbargou Faye,
pour leur couverture médicale de nos athlètes. Sincères
reconnaissances.

A Grégoire Diatta bibliothécaire.

pour ses précieux renseignements

PLAN

	Pages
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA CONSOMMATION D'OXYGENE	3
1-1 - Le processus aerobie	3
1-2 - L'évolution de la $\dot{V}O_2$ max au cours de l'exercice	4
1-3 - La consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max).	7
1-3-1 - Définition de la $\dot{V}O_2$ max	7
1-3-2 - Les valeurs de la $\dot{V}O_2$ max	7
1-4 L'importance de la $\dot{V}O_2$ max	8
1-5 Les facteurs limitatifs de la $\dot{V}O_2$ max	9
1-6 Les mécanismes permettant l'augmentation de la $\dot{V}O_2$ max	10
CHAPITRE II - MATERIEL ET METHODE	12
2-1 - Les sujets	12
2-2 - Le matériel	14
2-3 - Le protocole	15
2-4 - Détermination des grandeurs	18
2-5 - Critères d'atteinte de la $\dot{V}O_2$ max	18
CHAPITRE III PRESENTATION DES RESULTATS	19
3-1 - Mesures anthropométriques des 14 Athlètes	19
3-2- Résultats des coureurs de 800m	20
3-3 - Résultats des coureurs de 1500m	21
3-4 - Résultats des coureurs de 3000m	22
3-5 - Résultats des coureurs de 5000m	23
3-6 - critique de la validité de la méthode expérimentale	25
CHAPITRE IV ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS	27
4-1 - La fréquence cardiaque de repos	27
4-2 - La fréquence cardiaque maximale à l'exercice	27
4-3 - La corrélation entre la $\dot{V}O_2$ max et la performance	28
CONCLUSION GENERALE	35
BIBLIOGRAPHIE	37
ANNEXES	

INTRODUCTION

Avec les progrès scientifiques et techniques, les physiologistes se sont intéressés dès le début du 20^{ème} siècle, aux possibilités énergétiques des athlètes et en particulier au métabolisme aérobie.

D'abord peu nombreuses, ces études se sont généralisées, et on dispose aujourd'hui d'une masse d'information dans ce domaine. La consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max) apparaît comme l'un des facteurs déterminants de la performance sportive pour les exercices de longue durée mettant en jeu des masses musculaires importantes (Astrand 1974).

Le $\dot{V}O_2$ max représente le volume maximal d'oxygène susceptible d'être prélevé au milieu extérieur, transporté jusqu'au muscle en activité et utilisé par les muscles sollicités (Flandrois 1979).

Elle reflète l'état fonctionnel de chacun des éléments intervenant dans la chaîne des transporteurs d'oxygène: poumons, vaisseaux, sang, coeur, propriétés biochimiques et structurelles de l'utilisateur de l'oxygène qu'est le muscle.

La consommation d'oxygène augmente de façon linéaire avec l'accroissement de la charge de travail jusqu'à une valeur limite où elle cesse de monter même si la puissance imposée est encore accrue. Cette valeur limite à laquelle la consommation d'oxygène se stabilise en dépit d'une augmentation de l'intensité de travail, est appelée la consommation, maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max) et le niveau de puissance correspondant est

défini comme la puissance maximale aérobie, P.M.A (Astrand et Rodahl 1974).

La présente étude relative à l'importance de la $\dot{V}O_2$ max dans la réalisation d'une meilleure performance dans les courses de demi-fond et de fond, constitue une modeste contribution à la recherche pour la mise sur pied d'un programme d'entraînement adéquat pour nos athlètes sénégalais.

Au premier chapitre nous parlerons des bases physiologiques de la consommation d'oxygène en rapport avec le profil bioénergétique des coureurs de demi-fond et de fond. Le deuxième chapitre traitera des matériels et méthodes utilisés. Au troisième chapitre, nous présenterons les résultats expérimentaux, enfin, le quatrième et cinquième chapitres porteront respectivement sur l'analyse, la discussion des résultats et la conclusion générale.

CHAPITRE I
BASES PHYSIOLOGIQUES
DE LA CONSOMMATION
D'OXYGENE.

1-1 LE PROCESSUS AEROBIE

L'énergie utilisée pour le travail musculaire provient des aliments. Les trois sortes de nutriments: glucides, lipides et protides, peuvent fournir cette énergie. Le processus par lequel celle-ci est rendu disponible pour le travail musculaire est complexe, mais il nous donne les éléments permettant de comprendre beaucoup des adaptations physiologiques qui interviennent au cours des exercices physiques.

L'adénosine triphosphate (A.T.P) sert de source énergétique directe pour la contraction musculaire. L'A.T.P n'existe pas dans la cellule en quantités importantes et celles qui sont disponibles ne peuvent soutenir la contraction musculaire que pendant quelques secondes. Il s'en suit que l'ATP doit être resynthétisée de façon permanente dans la cellule après sa décomposition en ADP (adénosine diphosphate), si la contraction doit se poursuivre.

La production d'ATP par les processus aérobie implique la dégradation d'un combustible dans la cellule musculaire en présence d'oxygène. Le combustible peut provenir de l'intérieur du muscle (acides gras libres, glycogène) et de l'extérieur du muscle (acide gras du tissu adipeux, glucose hépatique).

Pour que ce type de métabolisme contribue significativement, l'oxygène doit être fourni aux mitochondries des fibres musculaires en quantité suffisante.

Seuls les processus oxydatifs permettent un approvisionnement régulier d'énergie pour la réalisation d'exercice de longue durée.

Le processus aérobie comporte 3 phases:

1) - la première est la digestion au cours de laquelle les molécules complexes sont décomposées en molécules plus simples qui peuvent traverser la muqueuse intestinale pour passer dans le courant sanguin;

2) - la seconde phase consiste en plusieurs séries de réactions qui donnent finalement l'un des trois produits terminaux habituels: l'acétyl-coenzyme A, l'acide alpha Cétoglutarique et l'acide oxalo-acétique;

3) - ces composés entrent alors dans le cycle de KREBS où leur dégradation se poursuit pour donner du gaz carbonique et de l'eau.

Il importe de remarquer le rôle dans ces réactions de catalyseurs biologiques appelés enzymes. Ces enzymes permettent aux cellules de fixer l'énergie pour une synthèse d'ATP.

1-2 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'OXYGENE AU COURS DE L'EXERCICE

La figure N°1 montre l'accroissement de la consommation d'oxygène lors des premières minutes de l'exercice, jusqu'à ce que soit atteint un plateau qui correspond à un apport d'oxygène égal à la consommation de ce gaz au niveau des tissus. A la fin de l'exercice, la consommation d'oxygène revient progressivement à sa valeur de repos: ceci correspond au paiement de la dette d'oxygène.

Le caractère progressif de l'augmentation de la consommation d'oxygène au début de l'exercice est expliqué par l'inertie qui se manifeste dans les adaptations circulatoires et respiratoires, c'est-à-dire de l'ensemble du système de transport de l'oxygène. L'instant où cette période du plateau est atteinte coïncide à peu près avec le moment où s'adaptent le débit et la fréquence cardiaques et la ventilation pulmonaire.

Le maintien de l'état stable correspond à une situation de travail au cours de laquelle l'apport d'oxygène est égal aux besoins manifestés par les tissus.

Dans ces conditions, il n'y a pas d'accumulation d'acide lactique dans l'organisme et la fréquence et le débit cardiaques ainsi que la ventilation pulmonaire ont atteint des niveaux pratiquement constants.

Le caractère progressif du retour de la consommation d'oxygène à son niveau de repos, (paiement de la dette d'oxygène) est expliqué par plusieurs éléments:

- 1) - reconstitution des stocks d'oxygène de l'organisme;
- 2) - transformation par des processus aérobies des métabolites anaérobies;
- 3) - élévation du métabolisme due à l'accroissement de la température tissulaire;
- 4) - augmentation de la demande d'oxygène au niveau des muscles de la ventilation et du cœur, dont l'activité est augmentée.

Plus la puissance de l'exercice est élevée, plus l'augmentation de la consommation d'oxygène est rapide.

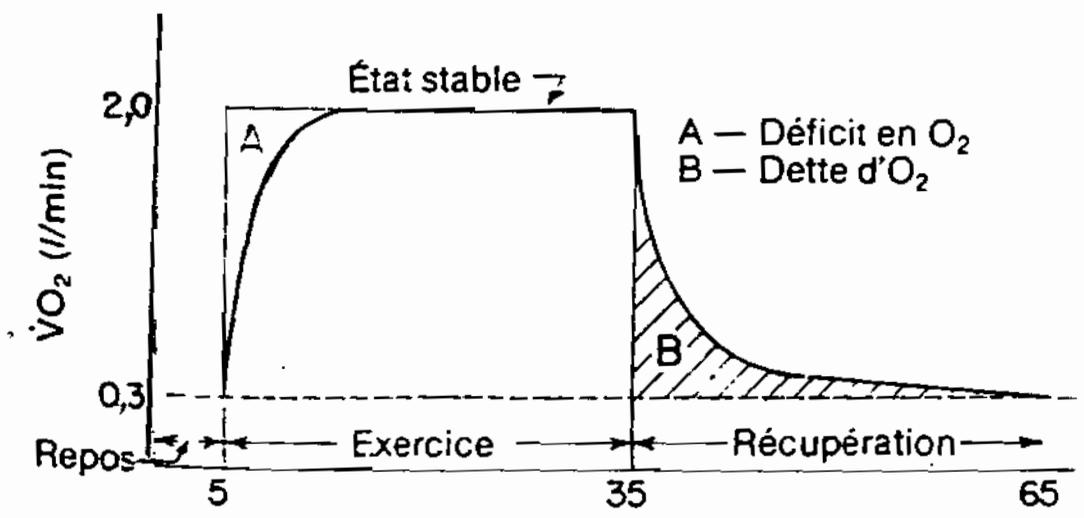


Figure N° 1
Cinétique de la consommation d'oxygène au repos, au cours de l'exercice sous-maximal et pendant la récupération. Le $\dot{V}O_2$ peut être mesuré à n'importe quel moment durant l'état stable. La différence entre ce $\dot{V}O_2$ et le $\dot{V}O_2$ de repos permet d'établir le coût net de l'exercice en l d' O_2 /min. (FOX et Mathews 1984)

1-3 LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE

1-3-1 Définition

Au cours d'un exercice d'une durée de plusieurs minutes et d'intensité croissante, la consommation d'oxygène augmente jusqu'à une valeur limite et se stabilise, même si l'intensité de l'exercice continue d'augmenter.

Selon Astrand et Rodahl (1980), la $\dot{V}O_2$ max ou la puissance maximale aérobie (P.M.A) correspond à la plus grande quantité d'oxygène qui peut être consommée par minute par un sujet donné, à un moment donné, au cours d'un exercice d'intensité croissante, d'une durée de plusieurs minutes (au moins 2 mn) mettant en jeu une masse musculaire importante.

La $\dot{V}O_2$ max s'exprime en litres par minute ($l \cdot \text{min}^{-1}$) ou en millilitres d' O_2 par minute et par kilogramme de poids corporel ($ml \cdot \text{mn}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$)

1-3-2 Les valeurs de la $\dot{V}O_2$ max

1-3-2-1 Les sujets sédentaires

Chez l'homme des pays industrialisés âgé de 20 à 30 ans, la $\dot{V}O_2$ max atteint environ $50 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Astrand 1965, Flandrois et coll. 1962).

Chez les mélano-africains la valeur de la $\dot{V}O_2$ max se situe entre 40 et $49 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Wyndham et coll. 1963; Davies et coll. 1972).

Chez la femme les valeurs de $\dot{V}O_2$ max sont de 10 à 20% moins élevées à cause de la surcharge graisseuse plus forte.

1-3-2-2 Les sujets sportifs

La valeur de la $\dot{V}O_2$ max est variable selon les activités sportives. Les plus grandes valeurs sont trouvées chez les sportifs internationaux spécialisés dans les disciplines de longue durée. En effet, les athlètes de demi-fond et de fond ont une $\dot{V}O_2$ max qui se situe entre 65 et 95 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$; Ceux du cyclisme ont une valeur de $\dot{V}O_2$ max située entre 52 et 72 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ (Mac Dougall, J.D. Wenger, H.A et Green, H.J, 1988; Astrand 1964).

Le $\dot{V}O_2$ max atteint sa plus grande valeur entre 18 et 20 ans. Elle se stabilise, puis diminue avec l'âge à partir de 25 à 30 ans pour atteindre à 60 ans, 70% de la $\dot{V}O_2$ max à l'âge de 20 ans (Astrand 1960).

1-4 L'IMPORTANCE DE LA $\dot{V}O_2$ MAX

L'intérêt que l'on porte à la consommation maximale d'oxygène découle de la corrélation qui existe entre celle-ci et la performance aérobie. (Brikci et Dekkar 1987b).

Plus la $\dot{V}O_2$ max est élevée, meilleure est la performance sur les distances de longue durée.

Dans les épreuves de demi-fond et fond, la majeure partie de l'énergie utilisée provient des sources aérobies. De plus, l'intensité et la durée sont suffisamment élevées pour nécessiter une consommation d'oxygène proche de son niveau maximum.

Les athlètes qui réussissent dans ce type d'épreuves présentent des valeurs de $\dot{V}O_2$ max très au dessus de la moyenne, de l'ordre de 70 à 80 $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ (Guillet, R. et Genety, J.1975).

La $\dot{V}O_2$ max est primordiale pour certaines spécialités (courses de demi-fond et de fond, aviron, cyclisme), mais pas toujours suffisante. En effet, d'autres facteurs tels que la motivation, la capacité anaérobie (utile pour le sprint final), le rendement mécanique, l'inhabileté et la capacité à maintenir un pourcentage élevé de la P.M.A. (endurance aérobie), peuvent aussi affecter la performance. Si des athlètes de différents niveaux se distinguent surtout par leur $\dot{V}O_2$ max, les athlètes de haut niveau (ayant une $\dot{V}O_2$ max élevée) se distinguent par ces facteurs et surtout par la P.M.A.

Une $\dot{V}O_2$ max élevée permet des charges d'entraînement importantes en volume et en intensité. Du fait que la $\dot{V}O_2$ max permet une meilleure récupération après l'exercice, elle assure à l'entraînement une efficacité certaine.

La $\dot{V}O_2$ max constitue un critère d'une bonne capacité physique générale non seulement du sportif, mais aussi de l'enfant et de l'adulte non compétiteurs. Enfin, dans la plupart des recherches portant sur les incidences physiologiques de l'exercice ou de l'entraînement, l'augmentation de la $\dot{V}O_2$ max constitue l'un des critères objectifs souvent retenus pour apprécier l'amélioration de la condition physique.

1-5 LES FACTEURS LIMITATIFS DE LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE

Outre les facteurs de variabilité liés au sexe, à l'âge, à l'hérédité, à l'environnement, à l'entraînement, au protocole et matériel de mesure utilisés (Astrand et Rodahl 1974, Flandrois 1979), il est devenu classique de considérer deux grands systèmes limitants la $\dot{V}O_2$ max:

X

- facteurs centraux (prélèvement pulmonaire et transport de l'oxygène);

- facteurs périphériques (utilisation de l'oxygène).

Certains auteurs soutiennent que les facteurs limitatifs de la $\dot{V}O_2$ max lors de l'exercice mettant en jeu des masses musculaires importantes sont centraux.

D'autres mettent en cause les facteurs périphériques: utilisation de l'oxygène et incapacité des facteurs périphériques à favoriser le retour veineux (pompe musculaire, pompe respiratoire, veino-constriction), en maintenant la pression veineuse à une valeur suffisante. Ainsi, les facteurs limitants sont diversement attribués au débit cardiaque (Astrand et coll. 1961, Saltin et coll. 1976), à la circulation musculaire (Coll 1975), à l'hémoglobine (Saltin 1986), au métabolisme et à la masse musculaire en activité.

Quand le contenu du sang en oxygène est réduit (cas d'hypoxie, d'anémie, d'intoxication par le monoxyde de carbone) et que l'exercice est maximal, le débit cardiaque maximal ne s'accroît pas et la $\dot{V}O_2$ max est réduite proportionnellement à la baisse du contenu sanguin en oxygène. Dans ces conditions, ce n'est pas le système d'utilisation d'oxygène qui est mis en cause, mais le système de livraison de l'oxygène qui constitue le facteur limitatif de la $\dot{V}O_2$ max.

1-6 LES MECANISMES PERMETTANT L'AUGMENTATION DE LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE

L'augmentation de la consommation maximale d'oxygène lors du travail musculaire est due à 4 groupes de modification:

1) - les modifications respiratoires consistent dans une augmentation des dimensions du volume par appel à la capacité résiduelle fonctionnelle et une augmentation des fonctions se traduisant par l'augmentation du volume respiratoire par minute;

2) - les modifications cardiaques aboutissent à une augmentation du débit cardiaque à la fois par augmentation du volume systolique et par augmentation de la fréquence cardiaque;

3) - les modifications circulatoires et sanguines sont d'une part une vasodilatation artériolaire augmentant la perfusion musculaire, et d'autre part une meilleure extraction de l'oxygène du sang d'où une augmentation de la différence artério-veineuse en oxygène; Chez le sujet entraîné, il y'a en plus une augmentation de la teneur en hémoglobine;

4) - les modifications musculaires aboutissent à un meilleur ravitaillement en oxygène par trois phénomènes: l'augmentation du débit sanguin musculaire, l'augmentation des surfaces d'échanges par l'ouverture de nombreux capillaires, l'augmentation de l'extraction de l'oxygène.

A court terme, il y a une augmentation de l'activité des systèmes enzymatiques aérobie et à long terme une augmentation du nombre de mitochondries par cellule musculaire.

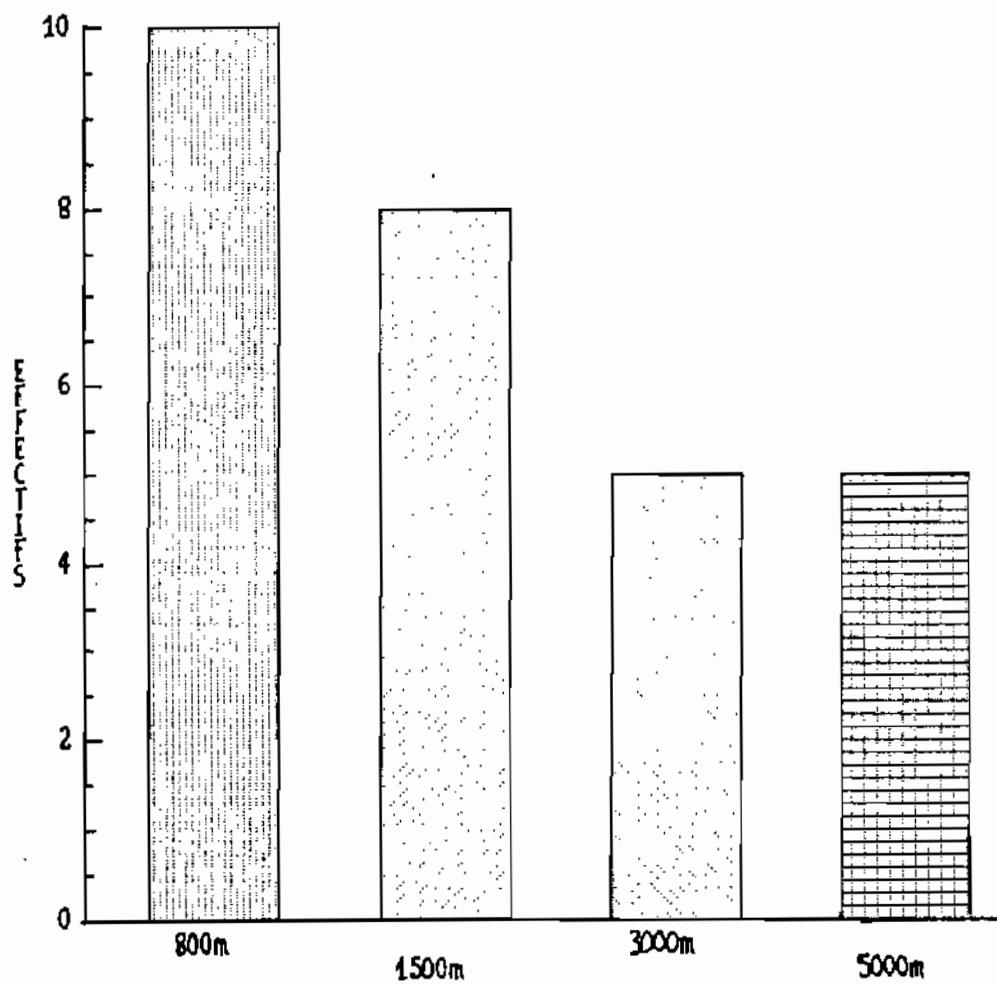
CHAPITRE II
MATERIEL ET METHODE

2-1 Les sujets

14 athlètes Senegalais de sexe masculin ont pris part à cette étude. Ils sont tous en bonne santé et participent régulièrement aux entraînements et compétitions nationales. Ce sont tous des athlètes amateurs de niveau national ayant au moins deux ans de pratique. Ils savent courir sur tapis roulant, mais n'ont jamais participé auparavant à un exercice de consommation maximale d'oxygène en laboratoire. Ils viennent de différents clubs de Dakar: 7 athlètes de Gorée, 3 du Jaaraf et 4 athlètes du Dakar Université Club (D.U.C). Leur caractéristiques anthropométriques sont résumées par le tableau

N° 1

FIGURE n°9 REPARTITION DES SUJETS SELON
LA DISTANCE COURUE



2-2 LE MATERIEL TECHNIQUE

Pour la réalisation de notre protocole, nous avons utilisé le matériel suivant:

2-2-1 Un tapis roulant

Il est de type JERICH JAEGER LE 2000, muni d'un système de contrôle automatique avec 6 programmes différents et plus de 32 niveaux de charges en plus d'une phase additionnelle reconvertible.

2-2-2 Un électrocardiographe

De marque HELLIGE EK 53R, il permet l'enregistrement de l'électrocardiogramme en continu (E.C.G).

2-2-3 Un cardioscope

De type S.M.S 316 à mémoire complété par un intégrateur de la fréquence cardiaque. Il est utilisé pour afficher les tracés de l'électrocardiogramme pendant l'effort.

2-2-4 Un sphygmomanomètre

Appelé tensiomètre, il permet de mesurer la pression artérielle. Il est de type ALKE de marque Japonaise.

2-2-5 Un somatomètre

Il est gradué en centimètres et permet de mesurer la taille des sujets.

2-2-6 un pèse-personne

De type SECA SE de marque Allemande, il permet de mesurer le poids des sujets avec une erreur de $\pm 0,5$ kg

2-3 LE PROTOCOLE

Le protocole utilisé est celui de LUC LEGER, établi en 1984. C'est un test d'intensité maximale progressive permettant d'estimer la puissance aérobie maximale. Il comprend 11 paliers de 2 minutes chacun. La vitesse de déroulement du tapis varie de 6,6 km/h au premier palier et à 20,9 km/h au 11 ème palier. Nous avons constaté qu'en ce qui concernait, la vitesse maximale, les limites réelles du tapis roulant utilisé ne correspondaient pas à celles du test de Luc Léger. En effet la vitesse maximale réelle du tapis est 16 km/h alors que celle du protocole de Luc Léger est 20,9 km/h.

Pour prolonger le travail et atteindre éventuellement le dernier palier, nous avons joué sur la pente d'inclinaison du tapis roulant en utilisant le système de conversion de la vitesse en pente selon la méthode de Margaria.

Ce système de conversion consiste à remplacer chaque augmentation de vitesse de 0,5 km/h par une élévation de pente de 0,7%, ceci à partir de 16 km/h.

Cette conversion permet avec une intensité de travail progressive d'atteindre le 11 ème palier avec une pente de 8,36% correspondant théoriquement à la vitesse de 20,9 km/h.

N° du palier	Temps (mn)	Vo2 (met)	Vo2 estimée ml/kg-1/min-1	Vitesse		Pente %	Pente du tapis selon la conversion
				mph	km/h		
0	0	1	3,5	0	0	0	0
1	2	5,6	19,6	4	6,4	0	0
2	4	8,6	30,1	5	8,1	0	0
3	6	10,3	36,1	5	8,1	5	5
4	8	12,3	43,1	6	9,7	5	5
5	10	14,1	49,4	7	11,3	5	5
6	12	16,1	56,1	8	12,9	5	5
7	14	17,9	62,7	9	14,5	5	5
8	16	19,7	69	10	16,1	5	5
9	18	21,7	75,8	11	17,1	5	6,4
10	20	23,5	82,4	12	19,3	5	7,24
11	22	25,4	88,9	13	20,9	5	8,36

Tableau N° 1 Test progressif de marche et de course sur tapis roulant pour l'estimation de la puissance aérobie maximale ($\dot{V}o_2 \text{ max ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) en fonction de la pente et de la vitesse du tapis roulant établi en 1984. Sur la dernière colonne figure la pente après conversion selon la méthode de Margaria..

2-3-1 Précautions

Pendant les tests au laboratoire, nous avons veillé à la présence d'un médecin sportif et de l'infirmier major de l'INSEPS.

2-3-2 Avant le test

Il a été recommandé aux sujets:

- de ne pas prendre d'aliments 2 heures avant le test;
- de ne pas fumer dans la demi-heure précédant le test;
- de ne pas effectuer d'exercices physiques importants 24 heures avant le test.

2-3-3 Pendant le test

Les tests se sont déroulés l'après-midi entre 15 et 18 heures. Tous les sujets étaient en tenue de sport. La température moyenne de la salle était de l'ordre 22°C. La salle était correctement ventilée et silencieuse.

La fréquence cardiaque de repos ainsi que la pression artérielle ont été relevées après 15 minutes de repos du sujet en position horizontale.

Un essai de familiarisation du sujet avec le tapis roulant a été effectué pour chacun.

Le test de Luc Léger est un test progressif de marche et de course sur tapis roulant en fonction de la vitesse et de la pente.

2-4 DETERMINATION DES GRANDEURS

La fréquence cardiaque est enregistrée par une simple lecture directe sur l'afficheur de l'électrocardiographe à 1^{re} secondes de la fin de chaque palier et jusqu'à la fin du test pour chaque sujet.

A partir du protocole, la consommation maximale d'oxygène est déterminée par le nombre de paliers tenus jusqu'à la fin par le sujet.

L'ensemble des données recueillies ont été enregistrées sur des fiches.

2-5 Critères d'atteinte de la $\dot{V}O_2$ max

Nous avons considéré en fonction du protocole que le sujet avait atteint sa consommation maximale d'oxygène lorsque les critères suivants étaient remplis:

- dernier palier tenu jusqu'à la fin;
- coïncidence avec la sensation subjective d'épuisement malgré les encouragements des expérimentateurs;
- Une augmentation de la fréquence cardiaque aux valeurs maximales estimées pour l'âge du sujet (+ 10 battements par minute) (Astrand 1974).

CHAPITRE III

PRESENTATION DES RESULTATS

3-1 Mesures anthropométriques de tous les athlètes

SUJETS N° (n=14)	AGE (années)	POIDS (Kg)	TAILLE (cm)
1	14	60	175
2	20	60	185
3	20	59	179
4	23	62,5	165
5	29	56,5	170
6	24	57	175
7	21	63	173
8	22	66,5	179
9	19	61,5	176
10	24	56	173
11	23	71	185
12	23	60	171
13	26	62	180
14	21	71	185
x	22,07	61,85	175,92
σ	3,49	4,76	5,74

TABLEAU N°2: Valeurs anthropométriques des sujets étudiés: moyenne (\bar{x}) et écart-type (σ) du poids, de la taille et de l'âge.

3-2 Résultats des athlètes de 800 mètres

- Au repos: la fréquence cardiaque moyenne observée est de 68,9 bat/mn.

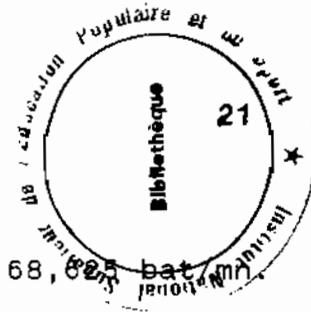
- A l'arrêt de l'exercice: la fréquence cardiaque moyenne est 195,3 bat/mn, soit une augmentation moyenne de 126,4 bat/mn en fonction de la puissance de travail.

La consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) est de 63,9 ml.mn⁻¹.kg⁻¹. Cette $\dot{V}O_2 \text{ max}$ est atteinte pour une vitesse moyenne de 14,78 km/h.

La performance moyenne des athlètes au 800 m obtenue lors des compétitions d'athlétisme de la saison 1991-92 est de 127,4 secondes soit 2mn 7s

SUJETS (n=10)	FC repos (b/mn)	FC max (b/mn)	$\dot{V}O_2 \text{ max}$ ml.mn ⁻¹ .kg ⁻¹	Performance (s)	Vitesse (km/h)
1	69	187	56,1	122	12,9
2	62	184	69	137	16,1
3	67	210	69	128	16,1
7	65	206	62,7	127	14,5
8	72	194	69	130	16,1
9	72	181	56,1	120	12,9
10	80	201	69	133	16,1
11	60	194	62,7	122	14,5
12	72	206	62,7	123	14,5
14	70	190	62,7	132	14,5
\bar{x}	68,9	195,3	63,9	127,4	14,78
σ	5,762	10,055	5,071	5,621	1,333

TABLEAU N°3: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque de repos (FC repos) et à l'arrêt de l'exercice (FC max), de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2 \text{ max}$), de la vitesse et du temps de course au 800m. Sont mentionnés la moyenne (\bar{x}) et l'écart-type (σ).



3-3 Résultats des athlètes de 1500 mètres

- Au repos: la fréquence cardiaque moyenne est 68,625 bat/mn.
- A l'arrêt de l'exercice: la fréquence cardiaque moyenne obtenue au dernier palier est de 194 bat/mn, soit une augmentation moyenne de 125,375 bat/mn entre la FC de repos et la FC max à l'exercice. Cette augmentation de la fréquence cardiaque est fonction de l'intensité de l'exercice fournie par l'athlète.

La valeur moyenne de la $\dot{V}O_2$ max est de 63,41 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Elle est obtenue pour une vitesse moyenne de 14,7 km/h.

Le temps moyen réalisé par les 8 athlètes au 1500m est de 276 secondes soient 4mn 06s

SUJETS (n=8)	FC repos (b/mn)	FC max (b/mn)	$\dot{V}O_2$ max ml.mn ⁻¹ .kg ⁻¹	Perfor- mance (s)	Vitesse (km/h)
1	69	187	56,1	286	12,9
2	62	184	69	269	16,1
3	67	210	69	270	16,1
6	72	200	62,7	275	14,5
7	65	206	62,7	278	14,5
8	72	194	69	272	16,1
9	72	181	56,1	282	12,9
14	70	190	62,7	276	14,5
\bar{x}	68,625	194	63,412	276	14,7
σ	3,70	10,488	5,373	5,879	1,335

TABLEAU N°4: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque de repos (FC repos) et à l'arrêt de l'exercice (FC max), de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max), de la vitesse et du temps de course au 1500m. Sont mentionnés la moyenne (\bar{x}) et l'écart-type (σ).

3-4 Résultats des athlètes de 3000 mètres

- Au repos: la fréquence cardiaque moyenne est 61 bat/mn.

- A l'arrêt de l'exercice: la fréquence cardiaque moyenne obtenue au dernier palier est de 193,4 bat/mn, soit une augmentation moyenne de 132,4 bat/mn entre la FC de repos et la FC max à l'exercice. Cette augmentation de la fréquence cardiaque est fonction de l'intensité de l'exercice fournie par l'athlète.

La valeur moyenne de la $\dot{V}O_2$ max est de $70,46 \text{ ml} \cdot \text{mn}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Elle est obtenue pour une vitesse moyenne de 16,18 km/h.

Le temps moyen réalisé par les 5 athlètes au 3000m est de 637,02 secondes soient 10mn 06s

SUJETS (n=5)	FC repos (b/mn)	FC max (b/mn)	$\dot{V}O_2$ max $\text{ml} \cdot \text{mn}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$	Perfor- mance (s)	Vitesse (km/h)
2	62	184	69	640	16,1
3	67	210	69	660	16,1
4	53	195	75,8	587	17,1
5	63	188	62,7	700	14,5
13	60	190	75,8	599	17,1
\bar{x}	61	193,4	70,46	637,2	16,18
σ	5,147	10,089	5,511	45,964	1,063

TABLEAU N°5: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque de repos (FC repos) et à l'arrêt de l'exercice (FC max), de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max), de la vitesse et du temps de course au 3000m. Sont mentionnés la moyenne (\bar{x}) et l'écart-type (σ).

3-5 Résultats des athlètes de 5000 mètres

- Au repos: la fréquence cardiaque moyenne est 65,6 bat/mn.

- A l'arrêt de l'exercice: la fréquence cardiaque moyenne obtenue au dernier palier est de 194,8 bat/mn, soit une augmentation moyenne de 129,2 bat/mn entre la FC de repos et la FC max à l'exercice. Cette augmentation de la fréquence cardiaque est fonction de l'intensité de l'exercice fournie par l'athlète.

La valeur moyenne de la $\dot{V}O_2$ max est de 69,04 ml.min⁻¹.kg⁻¹. Elle est obtenue pour une vitesse moyenne de 15,86 km/h.

Le temps moyen réalisé par les 5 athlètes au 5000m est de 968 secondes soient 16mn 08s

SUJETS (n=5)	FC repos (b/mn)	FC max (b/mn)	$\dot{V}O_2$ max ml.mn ⁻¹ .kg ⁻¹	Perfor- mance (s)	Vitesse (km/h)
4	53	195	75,8	930	17,1
5	63	188	62,7	998	14,5
6	72	200	62,7	992	14,5
10	80	201	69	970	16,1
13	60	190	75,8	950	17,1
\bar{x}	65,6	194,8	69,2	968	15,86
σ	10,549	5,805	6,550	28,495	1,306

TABLEAU N°6: Valeurs individuelles de la fréquence cardiaque de repos (FC repos) et à l'arrêt de l'exercice (FC max), de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max), de la vitesse et du temps de course au 5000m. Sont mentionnés la moyenne (\bar{x}) et l'écart-type (σ).

		FC repos (b/mn)	FC max (b/mn)	DF.C (b/mn)	$\dot{V}O_2$ max ml/mn/kg	Vitesse (km/h)	Perfor- mance (s)
800m	\bar{x}	68,9	195,3	126,4	63,9	14,78	127,4
	σ	5,76	10,05		5,07	1,33	5,62
1500m	\bar{x}	68,62	194	125,37	63,41	14,7	276
	σ	3,70	10,48		5,37	1,33	5,87
3000m	\bar{x}	61	193,4	132,4	70,46	16,18	646,75
	σ	5,14	10,08		5,51	1,06	45,96
5000m	\bar{x}	65,6	194,8	129,2	69,04	15,86	968
	σ	10,55	5,80		6,55	1,30	28,48

TABLEAU N°7: Récapitulation des valeurs moyennes et des écarts-types de la fréquence cardiaque de repos (FC repos), de la fréquence cardiaque maximale (FC max), de la différence entre FC max et FC repos (DFC), de la $\dot{V}O_2$ max, de la vitesse et de la performance sur 800m, 1500m, 3000m, 5000m.

3-5 Critique de la validité de la méthode expérimentale

Afin de rendre notre étude plus fiable, nous avons pris un certain nombre de précautions:

3-5-1 Les sujets étudiés se sont portés volontaires pour subir les tests. Nous avons réparti les sujets en 4 groupes suivant les spécialités: 800m, 1500m, 3000m, 5000m qui sont toutes des distances olympiques. L'interprétation des résultats est faite suivant cette répartition.

3-5-2 La période de déroulement des tests; tous les tests se sont déroulés l'après-midi entre 15 et 18 heures à raison de 3 athlètes par séance. Toutes les grandeurs ont été mesurées à une température ambiante de confort variant entre 20° et 23°C.

3-5-3 Le protocole de Luc Léger est d'un niveau validité très satisfaisant et, est spécifique à la course à pied.

3-5-4 Le matériel de mesure n'a pas présenté de défaillance technique et le contrôle des erreurs de mesure a été constamment effectué, de même que le calibrage des différents appareils avant chaque épreuve.

3-5-5 Détermination des grandeurs: la fréquence cardiaque de repos, la taille et le poids ont été relevés après un repos complet de 15 minutes de l'athlète couché sur le dos.

La fréquence cardiaque à l'exercice a été enregistrée par simple lecture directe sur l'afficheur de l'électrocardiographe à 15 secondes de la fin de chaque palier et ceci jusqu'à la fin du test. De même, la consommation maximale d'oxygène est déterminée à partir du protocole et sur la base du nombre de paliers entièrement tenu par le sujet.

3-5-6 Les calculs statistiques ont été effectués d'abord manuellement puis vérifiés à l'ordinateur. Ainsi, sont calculés: la

moyenne, l'écart-type, le coefficient de corrélation et le niveau de signification d'après les formules suivantes:

$$\text{Moyenne} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\text{Ecart-type} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Coefficient de corrélation } r = \frac{\sum X_i Y_i}{\sqrt{\sum X_i^2 \cdot \sum Y_i^2}} \quad \text{avec } \begin{cases} X_i = x - \bar{x} \\ Y_i = y - \bar{y} \\ -1 \leq r \leq +1 \end{cases}$$

Toutes les comparaisons ont été faites avec un coefficient de sécurité de 0,95, donc une probabilité d'erreurs de 0,05 ($p < 0.05$). Le niveau de signification à $p < 0.05$ a été testé d'après le "t" de STUDENT calculé à partir de la taille de l'échantillon, du nombre de degrés de liberté et du coefficient de corrélation "r"

$$t = r \times \sqrt{(n-2)/1-r^2}$$

CHAPITRE IV
ANALYSE ET DISCUSSION DES
RESULTATS.

4-1 La Fréquence cardiaque de repos:

Les valeurs moyennes de la fréquence cardiaque de repos des athlètes de 800m, 1500m, 3000m et 5000m sont respectivement égales à 68,9 bat.min⁻¹, 68,6 bat.min⁻¹, 61 et 65,0 bat.min⁻¹. Ces valeurs montrent que plus la spécialité sportive est à dominante aérobie, plus la fréquence cardiaque de repos de l'athlète est basse du fait de l'augmentation du volume d'éjection systolique, du lit vasculaire et de la baisse des résistances périphériques.

4-2 La fréquence cardiaque maximale à l'exercice:

Les valeurs moyennes de la fréquence cardiaque maximale à l'exercice des athlètes de 800m, 1500m, 3000m et 5000m sont respectivement égales à 195,3 bat.min⁻¹, 194 bat.min⁻¹, 193,4 et 194,8 bat.min⁻¹.

Ces valeurs sont sensiblement égales. Ceci s'expliquerait du fait que la fréquence cardiaque maximale n'est influencée ni par l'existence d'un entraînement sportif ou non, ni par le type d'entraînement.

En effet selon Astrand et Saltin, la fréquence cardiaque maximale ne dépend que de l'âge du sujet et non du type d'activité de ce sujet.

D'autres auteurs par contre ont trouvé que l'entraînement et la spécialité sportive étaient susceptibles d'influencer les valeurs maximales de la fréquence cardiaque.

4-3 Corrélacion entre la $\dot{V}O_2$ max et performance

Les moyennes de la $\dot{V}O_2$ max des coureurs de 800m, 1500m, 3000m et 5000m obtenues à partir du test de laboratoire sont respectivement égales à 63,9 ml.mn⁻¹.kg⁻¹, 66,4 ml.mn⁻¹.kg⁻¹, 70,46 ml.mn⁻¹.kg⁻¹ et 69,04 ml.mn⁻¹.kg⁻¹.

Ces valeurs augmentent au fur et à mesure qu'on passe des distances de demi-fond (800m, 1500m) aux distances de fond (3000m et 5000m).

Les valeurs moyennes des athlètes de 800m et 1500m sont sensiblement égales. Celles de nos athlètes de 3000m sont supérieures à celles des coureurs de 5000m. Ceci doit être dû à un sous-entraînement ou à une inadaptation des programmes d'entraînement des sportifs de 1500m et de 5000m.

Ces valeurs moyennes de la $\dot{V}O_2$ max situent nos athlètes nettement au dessus des sédentaires dont les valeurs sont comprises entre 45 et 50 ml.mn⁻¹.kg⁻¹ (Flandrois et coll. 1962, Astrand 1956).

Les $\dot{V}O_2$ max moyennes des athlètes de 800m et de 1500m correspondent à celles des sportifs moyens situées autour de 60 ml.mn⁻¹.kg⁻¹ (guillet et Génety 1975).

Par contre les valeurs moyennes de la $\dot{V}O_2$ max des athlètes de 3000m (70,46ml.mi⁻¹.kg⁻¹) et de 5000m (69,04 ml.mi⁻¹.kg⁻¹) sont proches de celles des sportifs de niveau international qui atteignent 70 à 85 ml.mi⁻¹.kg⁻¹.

La performance moyenne des athlètes de 800m en situation de compétition est de 127,4 secondes soient 2mn 07s. Cette performance est en dessous de celle du record du Sénégal qui

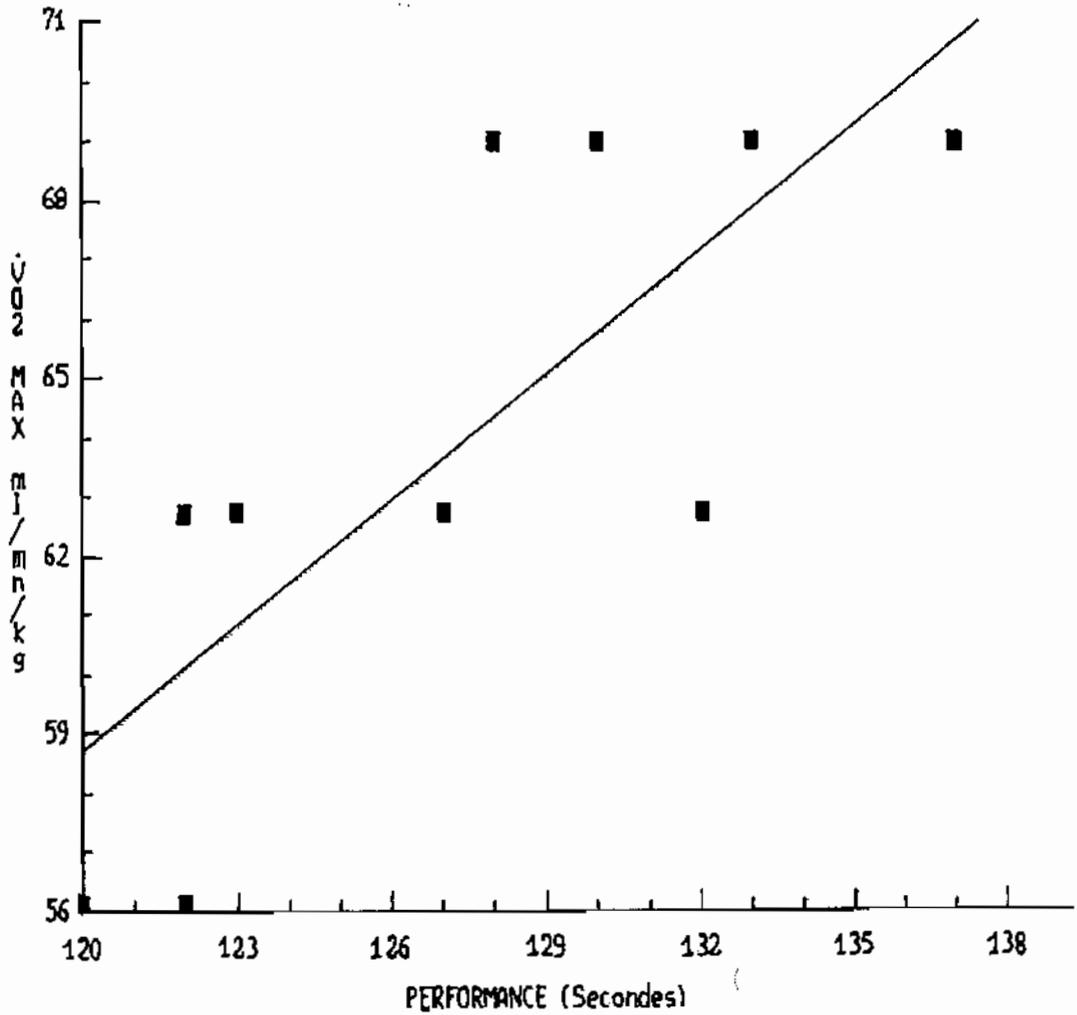
est de 1mn 44s 06 centièmes et nettement inférieure de celle d'Afrique (1mn 41s 73 centièmes).

Le coefficient de corrélation entre la $\dot{V}O_2$ max et la performance des athlètes au 800m est positive et $r = 0.78$ (voir figure N°3. Cette relation significative correspond à notre **attente** du fait que la $\dot{V}O_2$ max n'est pas le facteur le plus important de la performance au 800m. En effet, La contribution de la filière aérobie à cette distance n'est que de 35 à 50% (Astrand et Rodahl 1980, Mac Ardle, Katch, F. et Katch, V. 1987; Mac Dougall, Wenger et Green 1988).

Les valeurs moyennes des performances de nos athlètes au 1500m, 3000m et 5000m sont respectivement égales à 276s (4mn 06s), 646,75 (10mn 06s) et 976s (16mn 09s).

Tous ces temps sont inférieurs aux records du Sénégal au 1500m (3mn 40s 09), au 3000m (8mn 20s) et au 5000m (14mn 24s 68). Les coefficients de corrélation entre la $\dot{V}O_2$ max et la performance au 1500m, 3000m et 5000m sont respectivement égaux à $r_{1500m} = -0,96$; $r_{3000m} = -0,95$; $r_{5000m} = -0,96$ (voir figures N°s 4, 5 et 6). Tous ces trois coefficients sont négatifs, ce qui signifie que plus la $\dot{V}O_2$ max est importante, meilleure sera la performance sur les distances de 1500m, 3000m et 5000m. La $\dot{V}O_2$ max constitue donc un facteur déterminant de la performance au 1500m, 3000m et 5000m. En effet, la filière aérobie intervient pour 55 à 65% de la production totale d'énergie au 1500m, 70 à 85% de l'énergie nécessaire pour courir les 3000m et 90 à 95% de l'énergie totale au 5000m (Astrand et Rodahl 1980, Fox et Mathews 1984, Mac Dougall, Wenger et Green 1988).

FIGURE N° 3

RELATION ENTRE LA CONSOMMATION MAXIMALE
D'OXYGENE ET LA PERFORMANCE AU 800 m.

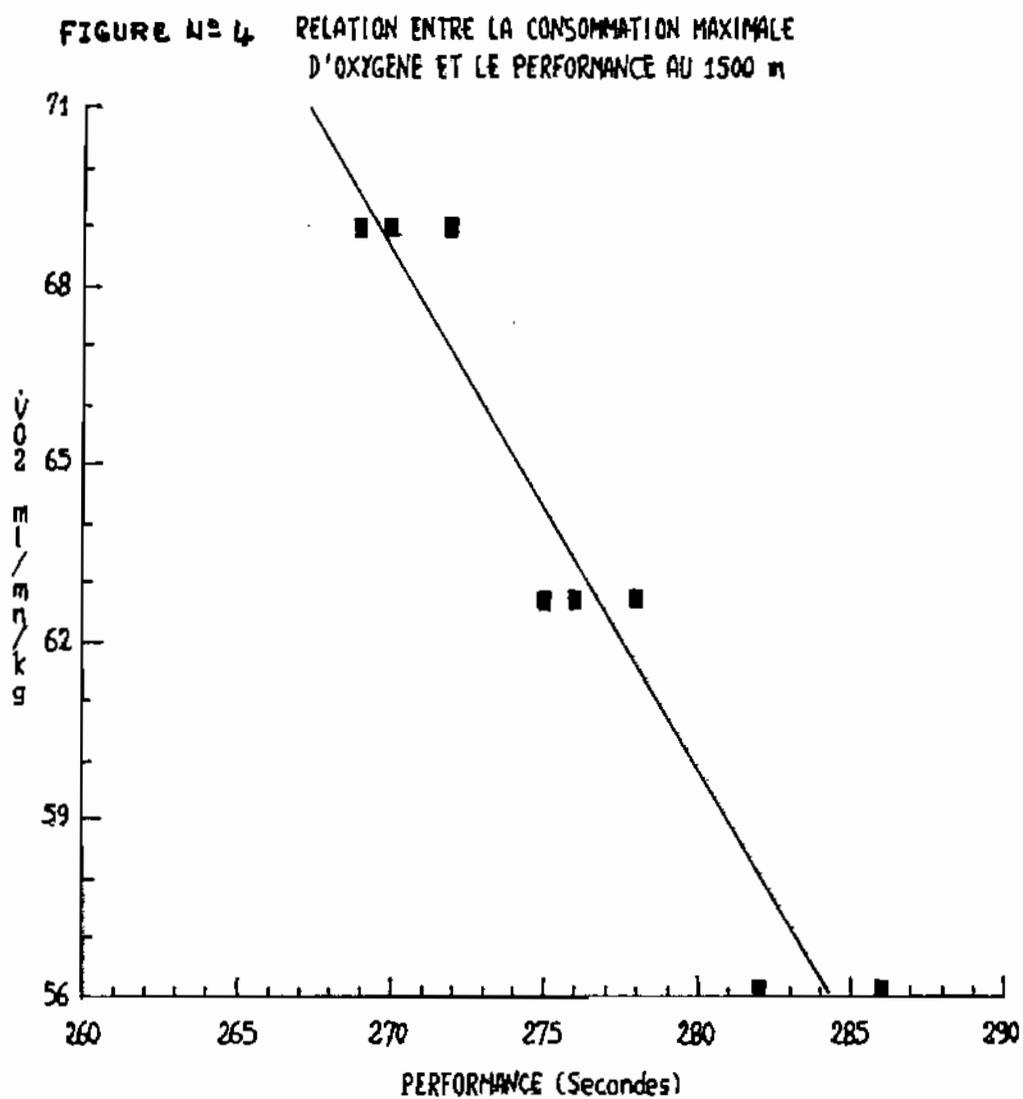


FIGURE 5 RELATION ENTRE LA CONSOMMATION MAXIMALE
D'OXYGENE ET LA PERFORMANCE AU 3000 m

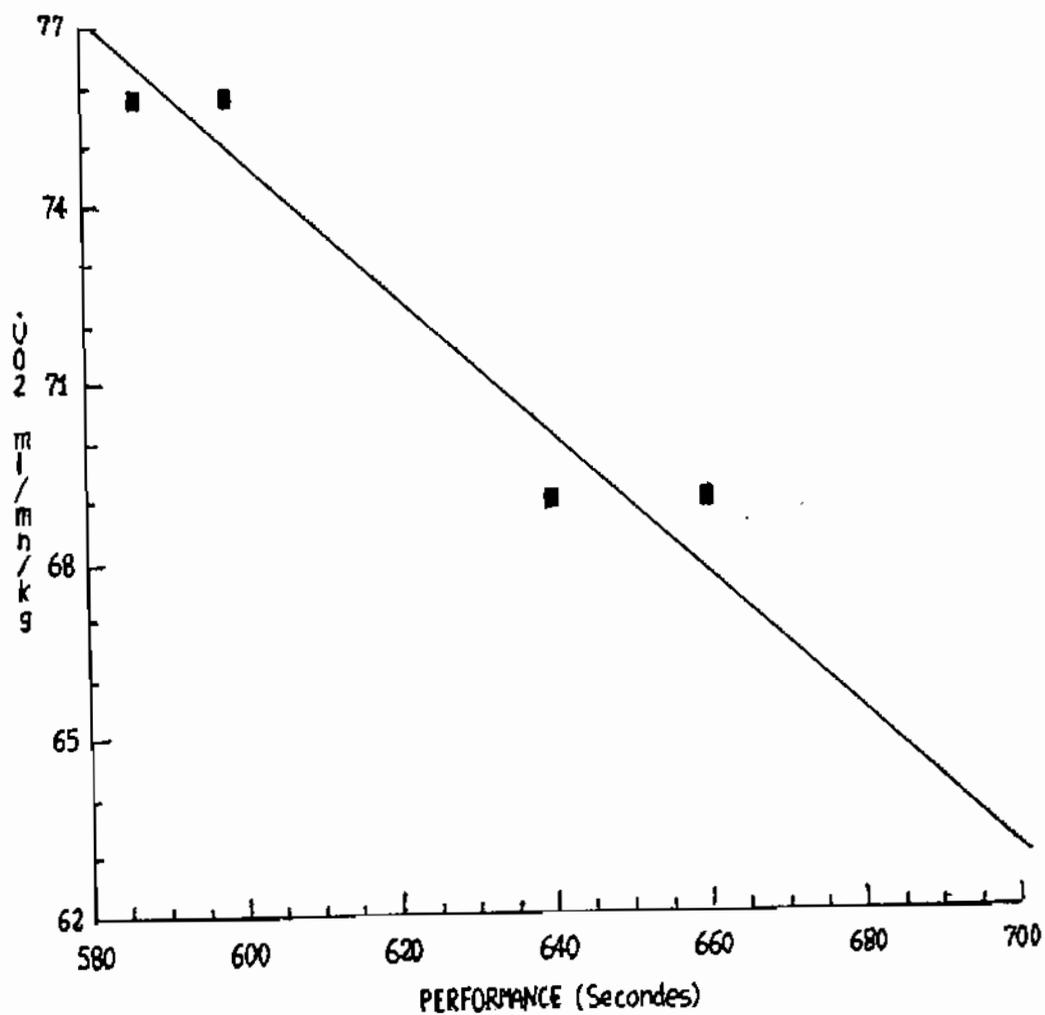
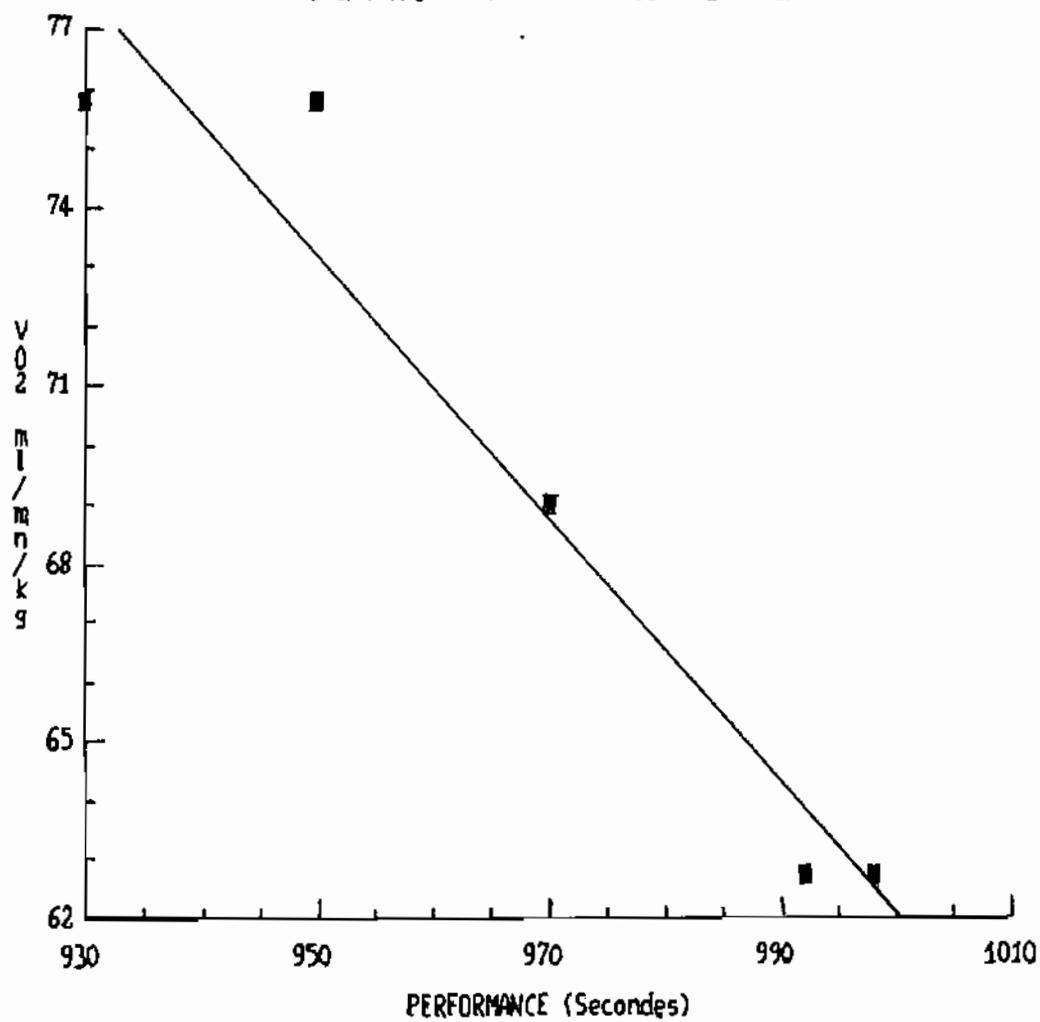


FIGURE N°6 RELATION ENTRE LA CONSOMMATION MAXIMALE
D'OXYGENE ET LA PERFORMANCE AU 5000 m



Au niveau de signification $p < 0,005$, nous notons l'existence dans notre étude d'une bonne corrélation entre la $\dot{V}O_2$ max et la performance aux distances de course 1500m, 3000 et 5000m.

CONCLUSION GENERALE.

L'évaluation de la consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max) permet d'apprécier l'aptitude physique en général et plus spécifiquement, l'endurance aérobie. Cette évaluation ne sera pertinente que pour les disciplines sportives où la performance peut être affectée si le processus aérobie est limité.

Plus la distance est longue, plus la puissance aérobie devient un facteur déterminant de succès (Mac Dougall, Wenger, Green 1988).

Le but de notre travail était d'étudier la corrélation qui pourrait exister entre la $\dot{V}O_2$ max mesurée au laboratoire à l'aide du test de Léger sur tapis roulant et la performance des athlètes obtenue lors des compétitions du championnat Sénégalais d'athlétisme sur les distances de 800m, 1500m, 3000m et 5000m afin de dégager les capacités objectives des athlètes et proposer à leurs entraîneurs un programme d'entraînement adéquat et spécifique.

Notre échantillon est composé de 14 athlètes dont 7 de Gorée, 3 du Jaraaf et 4 du D.U.C. Leur entraînement est jugé satisfaisant et ils participent régulièrement aux différentes compétitions nationales. Ce sont tous des athlètes amateurs non confirmés sur le plan Sénégalais. Ils ont tous au moins 2 ans de pratique. Au moment des tests, ils étaient en phase de préparation générale.

Dans l'ensemble, il se dégage de notre étude qu'il n'y a pas de corrélation entre la $\dot{V}O_2$ max et la performance de nos sujets au 800m. Par contre, il existe une bonne corrélation entre la performance et la $\dot{V}O_2$ max aux distances de 1500m, 3000m et 5000m.

Par ailleurs, nous suggérons aux entraîneurs de ces clubs, un réaménagement du programme d'entraînement et éventuellement une réorientation des athlètes de 800m. En effet, tous les athlètes de 800m possédant une bonne vitesse et supportant très bien l'intensité de l'effort, doivent être performants au niveau des petites distances comme le 400m et le 200m. Alors que ceux qui supportent mieux les efforts de longue durée, doivent courir le 1500m et plus.

Nous proposons pour notre part des programmes d'entraînement que nous jugeons adéquats et spécifiques à chaque distance, car nous pensons que tous ces athlètes ont des possibilités de réaliser de meilleures performances. (voir Annexes)

Pour ce faire, nous demandons aux entraîneurs qu'il y ait une bonne suivie pendant l'entraînement, un apprentissage des gestes techniques adéquats et une correction de certains défauts que nous avons constatés chez certains athlètes au niveau du placement du bassin, de la fixation du tronc, du mouvement des bras, de la foulée de course et des appuis au sol.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ASTRAND (P.O) et RODAHL (R) - Précis de physiologie de l'exercice musculaire - Paris: MASSON, 1980
- 2 - BA (H) - Evaluation de l'aptitude physique à partir d'épreuves de laboratoires:
 - Puissance maximale aérobie: voir ci-dessus
 - Modification de la pression artérielle à l'exercice (mémoire. Dakar.
- 3 - BHUSHAN (V.) - Les méthodes en statistiques - Quebec: Les presses de l'université Laval 1978.
- 4 - BOHAIN (L.Y.) - Initiation à la course du 100m au 100 km - Paris: Vigot 1985
- 5 - CAZORLA (G.) - Les bases de l'entraînement - in Manuel de l'éducateur sportif - Paris: Vigot 1984.
- 6 - CAZORLA (G.); LEGER (L.); MARINI (J.F.) - Les épreuves d'effort en physiologie. Epreuves et mesures du potentiel aérobie. - in Travaux et recherches en E.P.S: Evaluation de la valeur physique. - Paris: INSEP - Publications 1984.
- 7 - CORBEAU (J.). - Variation de la fréquence cardiaque. - in E.P.S. N° 189, Septembre - Octobre 1984.
- 8 - CRAPLET (C.) et CRAPLET (P.) - Physiologie et activité sportive. - Paris: Vigot 1986.
- 9 - DEKKAR (N.); BRIKCI (A.) et HANIFI (R). - Techniques d'évaluation physiologiques des athlètes. - Alger: comité olympique Algérien 1990.
- 10 - DIOUF (C.) - Etude comparative de la consommation maximale d'oxygène mesurée au laboratoire et au terrain (mémoire) - Dakar 1986-87.
- 11 - DUDAL (J.) - L'athlétisme du débutant au spécialiste. Oeuvre de Jacques Dudal par Garinet et Jumel °S.D. §.
- 12 - FALGAIRETTE (G.). - Evolution de la puissance maximale aérobie de l'enfance à l'âge adulte. Influence de l'activité physique et sportive. - in Revue des Sciences et techniques des activités physiques et sportives. - Volume 10, N° 20, Octobre 1989. p 43-57.
- 13 - FOX et MATHEWS; - Bases physiologiques de l'activité physique - Montreal: Decarie; Paris: Vigot 1984.
- 14 - GODBOUT (P). - initiation à la recherche en Sciences de l'activité physique: (Document présenté lors d'un stage organisé par la CONFEJES à l'INSEPS de Dakar à l'intention des étudiants de licence) - Dakar 1987.
- 15 - GUILLET (R.) et GENETY; - Abrégé de médecine du sport. Paris: Masson 1975

- 16 - KARPOVITCH (P.V.) et SINNING (W.E) - Physiologie de l'activité musculaire. - Paris: Vigot Frère 1975.
- 17 - KEBE (D.) - Etude comparative et corrélative de deux méthodes d'évaluation de la consommation maximale d'oxygène et de leur relation avec la performance de 3000m; (mémoire) - Dakar 1990.
- 18 - LADAUGE (P.) et POUSSON (M.) - Entraînement aérobie et informatique. in E.P.S. N°206, juillet-Août, 1987 p 19.
- 19 - LEGER (L.) - test progressif de marche et de course sur tapis roulant. in Guideline for graded exercise testing and exercise prescription. American College of Sports Medicine. Philadelphia 1989.
- 20 - MAC DOUGALL (J.D.); WENGER (H.A.) et GREEN (H.J.) - Evaluation physiologique de l'athlète de haut niveau. - Paris: Vigot, Quebec: Decarie 1988.
- 21 - MC ARDLE (W.D.); KATCH (F.) et KATCH (V). - Physiologie de l'activité physique - Paris: Vigot 1987.
- 22 - MONOD (H.) et FLANDROIS (R). - Physiologie du sport - Paris: Masson 1985
- 23 - RIEU (M.) - Bioénergétique de l'exercice musculaire et de l'entraînement physique. - Paris: P.U.F 1988
- 24 - SECK (D.). - Etude comparative de la consommation maximale d'oxygène pour des exercices réalisés avec une ou deux jambes.(thèse de 3ème cycle 1987).
- 25 WEINECK (J.) - Manuel d'entraînement. - Paris: Vigot 1983.

ANNEXES

TABLEAU D'ENTRAINEMENT N° 1

COUREURS DE 800 M

		DISTANCES	TEMPS	VOLUME	RECUPERATION
ENDURANCE	ENDURANCE CONTINUE	3 à 8 km	De 10 % à 25 % de la vitesse utile	De 3 à 8 km	L'athlète n'a pas à répéter l'effort et s'arrête donc à l'issue de la course
	ENDURANCE EN FRACTIONNE LONG	1 à 3 km	De 25 % à 50 % de la vitesse utile	3 à 6 km	De 1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
	ENDURANCE EN FRACTIONNE SUR DISTANCES MOYENNES	500 à 800 m	De 50 % à 75 % de la vitesse utile	De 3 à 6 km	De 1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
RESISTANCE	RESISTANCE VOLUME	200 à 400 m	De 75 % de la vitesse utile, à la vitesse utile	2 à 3 km	De 1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
	RESISTANCE CADENCE	400 à 600 m	100 % de la vitesse utile	De 1 200 m à 3 km	De 3 mn à 6 mn, jusqu'à 12 mn selon l'effort
	RESISTANCE INTENSITE	100 à 250 m	Plus rapide que la vitesse utile	500 à 1 500 m 4 à 6 répétitions	De 6 à 12 mn
VITESSE	VITESSE RELATIVE	60 à 250 m	De 75 % de la vitesse utile à la vitesse utile	2 à 4 séries suivant le temps et la distance	Incomplète entre les parcours, complète entre les séries
	VITESSE MAXIMUM	30 à 70 m	Vitesse maximum	3 à 6 fois	Complète

TABLEAU D'ENTRAINEMENT N° 9

COUREURS DE 1 500 M

		DISTANCES	TEMPS	VOLUME	RECUPERATION
ENDURANCE	ENDURANCE CONTINUE	5 à 15 km	De 10 % à 25 % de la vitesse utile	5 à 15 km	L'athlète n'a pas à répéter l'effort. Il s'arrête donc à l'issue de la course
	ENDURANCE EN FRACTIONNE LONG	1 à 3 km	De 25 % à 50 % de la vitesse utile	5 à 12 km	1 mn 30 à 3 mn
	ENDURANCE EN FRACTIONNE SUR DISTANCES MOYENNES	500 à 800 m	De 50 % à 75 % de la vitesse utile	4 à 10 km	1 mn 30
RESISTANCE	RESISTANCE VOLUME	200 à 400 m	De 75 % à la vitesse utile	3 à 5 km	De 1 mn 30 à 3 mn
	RESISTANCE CADENCE	400 à 1 200 m	100 % de la vitesse utile	2 à 4 km	De 3 à 6 ou 12 mn suivant le travail effectué
	RESISTANCE INTENSITE	100 à 300 m	Plus rapide que la vitesse utile	De 600 m à 1 500 m 6 à 12 répétitions	6 à 12 mn
VITESSE	VITESSE RELATIVE	60 à 250 m	75 % à la vitesse utile	2 à 4 séries suivant la distance et le temps	Incomplète entre les parcours, complète entre les séries
	VITESSE MAXIMUM	30 à 70 m	Vitesse maximum	3 à 6 fois	Récupération complète

TABLEAU D'ENTRAINEMENT N°3

COUREURS DE 3 000 M

ET DE 5 000 M

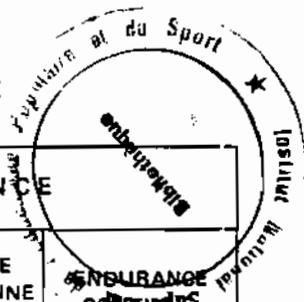
		DISTANCES	TEMPS	VOLUME	RECUPERATION
ENDURANCE	ENDURANCE CONTINUE	10 à 20 km	De 10 % à 25 % de la vitesse utile	10 à 20 km	L'athlète n'a pas à répéter l'effort et s'arrête donc à l'issue de la course
	ENDURANCE EN FRACTIONNE LONG	De 1 à 3 km	De 25 % à 50 % de la vitesse utile	8 à 15 km	De 1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
	ENDURANCE EN FRACTIONNE SUR DISTANCES MOYENNES	500 m à 800 m	De 50 % à 75 % de la vitesse utile	6 à 12 km	De 1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
RESISTANCE	RESISTANCE VOLUMÉ	200 à 400 m	De 75 % à la vitesse utile	5 à 10 km	De 1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
	RESISTANCE CADENCE	400 à 3 000 m	100 % de la vitesse utile	3 à 8 km	De 3 à 6 ou 12 mn suivant le travail effectué
	RESISTANCE INTENSITE	100 à 400 m	Plus rapide que la vitesse utile	800 à 2 000 m 6 à 12 répétitions	6 à 12 mn
VITESSE	LES COUREURS DE DEMI-FOND N'UTILISENT PRAIQUEMENT PAS LE THEME VITESSE. IL PEUT TOUTEFOIS ETRE ABORDE SOUS D'AUTRES FORMES AU COURS DES SEANCES.				

TABLEAU D'ENTRAINEMENT N° 4

COUREURS DE 10 000 M ET DE CROSS

		DISTANCES	TEMPS	VOLUME	RECUPERATION
ENDURANCE	ENDURANCE CONTINUE	10 à 20 km	10 % à 25 % de vitesse utile	10 à 20 km	L'athlète n'a pas à répéter l'effort et s'arrête à l'issue de la course
	ENDURANCE EN FRACTIONNE LONG	De 1 à 5 km	De 25 % à 50 % de la vitesse utile	8 à 15 km	1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
	ENDURANCE EN FRACTIONNE SUR DISTANCES MOYENNES	500 à 800 m	De 50 % à 75 % de la vitesse utile	6 à 12 km	1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
RESISTANCE	RESISTANCE VOLUME	200 à 400 m	De 75 % à la vitesse utile	5 à 10 km	1 mn 30 à 3 mn Retour du pouls à 120 pulsations/mn
	RESISTANCE CADENCE	400 m à 5 km	100 % de la vitesse utile	5 à 10 km	De 3 à 6, jusqu'à 12 mn selon l'effort
	RESISTANCE INTENSITE	100 à 400 m	Plus rapide que la vitesse utile	1 000 m à 3 000 m 6 à 12 répétitions	De 6 à 12 mn
VITESSE	LE THEME VITESSE N'EST PRATIQUEMENT PAS UTILISE. IL PEUT TOUTEFOIS ETRE ABORDE SOUS D'AUTRES FORMES AU COURS DES SEANCES.				

TABLEAU D'APPLICATION DES POURCENTAGES EN VITESSE UTILE



	RESISTANCE			ENDURANCE		
	RESISTANCE INTENSITE	RESISTANCE CADENCE	RESISTANCE VOLUME	ENDURANCE EN FRACTIONNE SUR MOYENNES DISTANCES	ENDURANCE EN FRACTIONNE LONGS	ENDURANCE CONTINUE
	De V.U. à 10 % ou 20 % plus vite	100 % de V.U.	De 75 % de V.U. à la vitesse utile	De 50 % à 75 % de V.U.	De 25 % à 50 % de V.U.	De 10 % à 25 % de V.U.
11 SEC	Distances très courtes Maximum de la vitesse	100 m = 11" 400 m = 44"	13"5 à 11"	16"5 à 13"5 Au 1 000 m = 2'45	19" à 16"5 Au 1 000 m = 3'10	21" à 19" Au 1 000 m = 3'30
12 SEC	12" 11" 10"8	100 m = 12" 400 m = 48"	15" à 12" Au 1 000 m = 2'30	18" à 15" Au 1 000 m = 3'	21" à 18" Au 1 000 m = 3'30	23" à 21" Au 1 000 m = 3'50
13 SEC	13" 12" 11"5	100 m = 13" 400 m = 52"	16"5 à 13" Au 1 000 m = 2'45	19"5 à 16"5 Au 1 000 m = 3'15	23" à 19"5 Au 1 000 m = 3'50	24"5 à 23" Au 1 000 m = 4'05
14 SEC	14" 12"5 11"5	100 m = 14" 400 m = 56" 1 000 m = 2'20	17"5 à 14" Au 1 000 m = 2'55	21" à 17"5 Au 1 000 m = 3'30	24"5 à 21" Au 1 000 m = 4'05	26"5 à 24"5 Au 1 000 m = 4'25
15 SEC	15" 13"5 12"	100 m = 15" 400 m = 60" 1 000 m = 2'30	19" à 15" Au 1 000 m = 3'10	22"5 à 19" Au 1 000 m = 3'45	26" à 22"5 Au 1 000 m = 4'25	28"5 à 26" Au 1 000 m = 4'45
16 SEC	16" 14"5 13"	100 m = 16" 400 m = 64" 1 000 m = 2'40	20" à 16" Au 1 000 m = 3'20	24" à 20" Au 1 000 m = 4'	28" à 24" Au 1 000 m = 4'40	30" à 28" Au 1 000 m = 5'
17 SEC	17" 15" 14"	100 m = 17" 400 m = 68" 1 000 m = 2'50	21" à 17" Au 1 000 m = 3'30	25"5 à 21" Au 1 000 m = 4'15	30" à 25"5 Au 1 000 m = 5'	32"5 à 30" Au 1 000 m = 5'25
18 SEC	18" 16" 14"5	100 m = 18" 400 m = 72" 1 000 m = 3'	22" à 18" Au 1 000 m = 3'40	27" à 22" Au 1 000 m = 4'30	31"5 à 27" Au 1 000 m = 5'15	34"5 à 31"5 Au 1 000 m = 5'45
19 SEC	19" 17" 15"5	100 m = 19" 400 m = 76" 1 000 m = 3'10	23" à 19" Au 1 000 m = 3'50	28"5 à 23" Au 1 000 m = 4'45	33" à 28"5 Au 1 000 m = 5'30	36" à 33" Au 1 000 m = 6'
20 SEC	20" 18" 16"5	100 m = 20" 400 m = 80" 1 000 m = 3'20	24" à 20" Au 1 000 m = 4'	30" à 25" Au 1 000 m = 5'	35" à 30" Au 1 000 m = 5'50	38" à 35" Au 1 000 m = 6'20