

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

INSEPS



UNIVERSITE CHEIKH
ANTA DIOP DE DAKAR

INSTITUT NATIONAL
SUPERIEUR DE L'EDUCATION
POPULAIRE ET DU SPORT

MEMOIRE DE MAITRISE ES- SCIENCES ET TECHNIQUES
DE L'ACTIVITE PHYSIQUE ET DU SPORT

STAPS

THEME :

**CONTRIBUTION A L'EXPLORATION DE L'APTITUDE
PHYSIQUE DU SUJET PORTEUR DU TRAIT
DREPANOCYTAIRE DANS UNE EPREUVE INTENSE ET
DE LONGUE DUREE EN CLIMAT CHAUD**

Présenté et soutenu par :

EL HADJI MAMADOU NDIEGUENE DIAKHATE

Sous la direction de :

DOCTEUR ABDOULAYE SAMB

: Assistant au département de physiologie,
Faculté de Médecine de Dakar

CODIRECTEUR LANSANA BADJI

: Professeur à l'INSEPS

ANNEE UNIVERSITAIRE 2000-2001

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

INSEPS



UNIVERSITE CHEIKH
ANTA DIOP DE DAKAR

INSTITUT NATIONAL
SUPERIEUR DE L'EDUCATION
POPULAIRE ET DU SPORT

MEMOIRE DE MAITRISE ES- SCIENCES ET TECHNIQUES
DE L
ACTIVITE PHYSIQUE ET DU SPORT
STAPS

THEME :

**CONTRIBUTION A L'EXPLORATION DE L'APTITUDE
PHYSIQUE DU SUJET PORTEUR DU TRAIT
DREPANOCYTAIRE DANS UNE EPREUVE INTENSE ET
DE LONGUE DUREE EN CLIMAT CHAUD**

Présenté et soutenu par :

EL HADJI MAMADOU NDIEGUENE DIAKHATE

Sous la direction de :

DOCTEUR ABDOULAYE SAMB

: Assistant au département de physiologie,
Faculté de Médecine de Dakar

CODIRECTEUR LANSANA BADJI

: Professeur à l'INSEPS

ANNEE UNIVERSITAIRE 2000-2001



DEDICACES

Je dédie ce travail à

❖ A MON PERE

Arraché à notre affection.

Toi qui, dont l'image ne s'estompera jamais de nos souvenirs.

❖ MA MERE

Ton affection, ta tendresse ainsi que ta grande générosité nous a toujours couverts. Notre réussite n'est que le fruit de ton travail.

❖ MES FRERES ET SOEURS

Votre affection ne m'a jamais fait défaut

❖ MES NEVEUX ET NIECES

❖ MES BEAUX-FRERES ET BELLES-SOEURS

❖ MES AMIS :

Ibnou DIAKHATE, Moustapha CISS, Ousmane DJIBA, Kéba DIEDHIOU, Madické DIAGNE, Mamadou DIOP, Karim SOW, Rama SECK.

❖ *TOUS les Etudiants de l'INSEPS*

❖ *MES PREFEREES :*

*Khady DIEDHIOU, Maï Cor SECK, Nandy, Awa SARR, Arame NDAW,
Awa BADJI, LEONTINE.*

❖ *MES VOISINS DU 51E :*

Modou FALL, Modou MBAYE, Ousmane SOW.

❖ *MESSIEURS :*

- *Mbargou FAYE*

- *GADJI du Centre de Tranfusion Sanguine*

*Voître collaboration, votre disponibilité fut déterminante pour la
réalisation de ce travail.*

❖ *Monsieur Lansana BADJI*

Voître disponibilité n'a jamais fait défaut.

❖ *DOCTEUR Abdoulaye SAMB*

*Voître amabilité, votre ouverture, votre disponibilité ainsi que votre
sens de l'organisation vous vouent ma profonde admiration et mon
profond respect. Ce travail est aussi le votre.*

❖ *Tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de
ce travail.*

SOMMAIRE

	PAGES
INTRODUCTION	1 à 2
CHAP I : HISTORIQUE	3 à 4
CHAP II : ETAT ACTUEL DE LA QUESTION	5 à 12
A- Arguments en faveur d'aptitudes physiques similaires entre sujets HbAS et sujets HbAA	6 à 9
B- Arguments en faveur d'aptitudes physiques moindres des sujets HbAS comparés aux sujets HbAA	9 à 11
CHAP III : MATERIEL	13 à 14
CHAP IV : METHODE	15 à 19
I- Protocole de recherche	15 à 17
II- Rappels des différents paramètres mesurés lors du test sanguin	17 à 19
CHAP V : RESULTATS	20 à 35
CHAP VI : COMMENTAIRE ET DISCUSSION	36 à 38
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE	40 à 42
ANNEXE I	
ANNEXE II	
ANNEXE III	

INTRODUCTION

Les globules rouges sont formés dans la moelle osseuse à une vitesse qui équilibre celle des processus de destruction. On peut estimer que les erythrocytes sont formés au rythme de 2 à 3 Millions / seconde.

La couleur du globule rouge (et du sang) est due à la présence d'hémoglobine qui est constituée par une protéine (la globine) associée à un pigment (l'hématine ; ce pigment contient du fer. Chaque atome de fer (Fe^{2+}) peut contracter une liaison avec une molécule d'oxygène. Cette combinaison n'est pas une oxydation chimique, mais une liaison lâche et réversible (P.O ASTRAND – K. RODAHL). Chez le sujet à hémoglobine normale (HbAA) et en présence d'oxygène, celle-ci est combinée à l'oxygène pour former l'oxyhémoglobine (HB02). Au cours de l'effort, cette oxyhémoglobine est l'une des principales formes de transport de l'oxygène aux cellules musculaires qui oxydera le GLP (Glucides, lipides, protides) pour produire l'énergie nécessaires à l'effort.

Par contre, chez le sujet porteur du trait drépanocytaire (Drépanocytose Hétérozygote) existe une anomalie génétique du globule rouge. Elle provient de la mutation d'un seul gène parental (un acide glutamique de la chaîne β de la globine est substitué par une valine).

Cette substitution d'un acide aminé modifie les propriétés de l'hémoglobine et provoque des désordres physiologiques tels que ceux observés lors du phénomène de falciformation (formation d'hématies falciformes ou drépanocytes).

Le phénomène de falciformation se manifeste de façon préférentielle dans certaines conditions de pratique sportive (exercices intenses et / ou prolongés, exercices en altitude, exercices en ambiance chaude). Ces drépanocytes ralentissent le débit sanguin et / ou obstruent les vaisseaux sanguins de tous les organes qui s'altèrent par défaut d'apport en oxygène.

Au phénomène de falciformation, s'ajoutent d'autres désordres physiologiques tels que la faible solubilité de la forme désoxygénée et la baisse d'affinité pour l'oxygène. C'est pourquoi, dans le domaine sportif, la pratique des activités physiques est contre-indiquée pour les sujets atteints de la maladie drépanocytaire

(drépanocytose homozygote - HbSS) ; les sujets porteurs du trait drépanocytaire (drépanocytose hétérozygote – HbAS) sont souvent considérés sur le plan clinique, comme des sujets asymptomatiques et pourraient être des sujets à risque. Ainsi chez ces derniers se pose le problème de la pratique de l'exercice intense et de longue durée, exercice possible que si l'apport en oxygène est suffisant. La présence de l'hémoglobine anormale (HbAS) pourrait être en définitive un facteur limitant pour une réalisation correcte de l'exercice intense et de longue durée. Une étude comparative antérieure entre des sujets porteurs du trait drépanocytaire et des sujets témoins, qui avait pour objet d'étudier l'aptitude physique du drépanocytaire hétérozygote dans une épreuve d'endurance de moyenne durée n'a montré aucune différence significative dans la performance réalisée.

Dans nos régions où la température ambiante est très souvent supérieure à 30° Celsius, il existe une contrainte supplémentaire au cours de l'exercice musculaire : la déshydratation qui peut-être liée à l'hyperthermie qui, elle-même dépend de l'intensité et de la durée de l'exercice, de la température ambiante et de l'humidité de l'air.

L'objet de notre étude sera axé autour de deux questions essentielles :

- Dans quelle limite physiologique et sous quelles conditions de sécurité le sujet porteur du trait drépanocytaire peut-il se livrer à des exercices physiques intenses et de longue durée ?
- Dans quelle limite, la présence de l'hémoglobine anormale (HbAS) pourrait être un facteur limitatif de la performance dans une épreuve intense et de longue durée.

CHAPITRE I : HISTORIQUE

De toutes les hémoglobines anormales, l'hémoglobine S est de loin, la plus fréquente et la plus grave dans ses conséquences en terme de santé publique. Sans doute connue depuis très longtemps dans la tradition médicale africaine (Konetey – Ahulu – 1974), la maladie drépanocytaire n'a été étudiée qu'au 20^{ième} siècle chez des Noirs américains (BEGUE. P -, la maladie drépanocytaire). C'est en 1910 qu'Herrick observe, chez un étudiant jamaïcain, la présence d'hématies déformées en faucille (HERRICK JB, Med. 1910).

Le caractère familial de la maladie drépanocytaire fut évoqué par Emmel en 1917 ; mais la notion de deux états cliniques différents a été introduite par Diggs en 1933 : celui des malades graves anémiques et celui de leurs parents, chez qui, le plus souvent, aucun trouble spontané n'existe et dont les anomalies cellulaires n'apparaissent que si on les provoque in vitro. Ce sera la notion du « trait » drépanocytaire (DIGGS et COLL – 1933 ; DIGGS et BIBB – 1939).

Il faut attendre NEEL en 1947 et 1949, puis BEET en 1949 pour interpréter ces interprétations comme les formes homozygote et hétérozygote d'une même anomalie transmise selon les lois mendéliennes.

Parallèlement à ces études familiales, une autre découverte est faite en 1927 par HAHN et GILLESPI : la déformation cellulaire n'apparaît qu'à basse tension d'oxygène (PO_2 inférieur à 50 mm hg) et elle est réversible (HAHN E.V, GILLESPI E-B, Med. 1927).

Enfin, le fait majeur unifiant l'ensemble des observations précédentes est, en 1949, la mise en évidence par ITANO, SINGER et WELLS d'une différence électrophorétique entre l'hémoglobine drépanocytaire (de « sickle ») et l'hémoglobine A de l'adulte normal (PAULINE L., ITANO H.A, SINGER S.J. , WELLS I.C., Science 1949).

Ce sera le premier exemple démontré d'une maladie moléculaire.

Alors que sur le plan clinique, la maladie pouvait apparaître comme récessive, sa caractérisation phénotypique prouve qu'elle est autosomique co-dominante

(BEGUE P, Maladie drépanocytaire – 1984).

A côté de ces découvertes, quelques étapes ultérieures peuvent être citées : en 1950, HARRIS observe la formation d'un gel tactoïde par désoxygénation d'une solution d'hémoglobine S concentrée (HARRIS J.W. ? Exp. Biol. Med., 1950) et parallèlement, PERUTZ met en évidence une diminution de la solubilité de la désoxyhémoglobine (PERUTZ et MITCHISON, 1950).

Enfin, en 1956-1959, la lésion moléculaire elle-même est analysée par INGRAM. La différence positive de charge observée en électrophorèse est due à la substitution en position 6 de la chaîne B d'un acide glutamique par une valine (INGRAM 1956 —1958 – 1959).

Puis, il a été démontré, au cours des années 1960, que cette substitution est due à la mutation d'une base du triplet codant : GAG en GTG.

D'autre part, des études par diffraction de rayon X ont montré une différence conformationnelle entre les formes oxygénées et désoxygénées de l'hémoglobine, expliquant que seule cette dernière peut polymériser.

CHAPITRE II : ETAT ACTUEL DE LA QUESTION

Avec les progrès scientifiques et techniques, les physiologistes se sont intéressés dès le début du XX.^{ième} 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'informations dans ce domaine.

La consommation maximale d'oxygène (VO_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). La VO_2 max. représente le volume maximal d'oxygène susceptible d'être prélevé du milieu extérieur, transporté jusqu'au muscle en activité et utilisé par les muscles sollicités (Flandrois-1978). Elle reflète l'état fonctionnel de chacun des éléments intervenant dans le transport de l'oxygène : poumons, vaisseaux sanguins, le sang contenant l'hémoglobine transporteur de l'oxygène, le cœur, propriétés biochimiques et structurales de l'utilisateur de l'oxygène qu'est le muscle.

Chez le sujet porteur du trait drépanocytaire existe une anomalie génétique du globule rouge. L'anomalie est caractérisée par la substitution de l'acide glutamique, sixième amino-acide de la chaîne β , par une valine.

Au sein des populations de race noire, son taux de prévalence est compris entre 8 et 9% chez les noirs d'Amérique du Nord, les métis du Mexique, de Guyane et des Antilles et peut atteindre 12% chez les populations d'Afrique de l'ouest (21).

En milieu sportif, le taux de prévalence d'athlètes porteurs du trait drépanocytaire (HbAS)est similaire à celui de la population générale.

Sur le plan clinique, ces sujets sont considérés comme des sujets asymptomatiques. Cette tare pourrait être un facteur de risque d'accident. de nombreux cas de décès de sujets porteurs du trait drépanocytaire ont été imputés à cette affection au cours de la pratique sportive (voir tableau I)

L'aptitude physique à la pratique sportive des sujets HbAS est un problème de santé publique important à cause du risque potentiel auquel ils seraient exposés. En effet :

- L'apparition des drépanocytes favorisée par la diminution d'approvisionnement en oxygène, l'acidité importante du liquide extracellulaire, la déshydratation liée à l'hyperthermie, l'âge, est à l'origine de manifestations cliniques à type de vomissements, céphalée voir coma, une insuffisance rénale, une ischémie tissulaire.

C'est ainsi que dans l'armée américaine, les sujets HbAS ne sont pas admis dans certains secteurs professionnels où le système cardio-vasculaire est très sollicité par exemple dans le corps des plongeurs, des parachutistes, des pilotes d'avion de chasse [21].

- La capacité des sujets porteurs du trait drépanocytaire à réaliser des performances comparables à celle des sujets à hémoglobine normale (HbAA) est discutée. Ces deux aspects suscitent une controverse auprès des chercheurs et deux tendances se dessinent.

A. Argument en faveur d'aptitudes physiques similaires entre sujets HbAS et sujets HbAA

Plusieurs faits expérimentaux et observations convergent :

- Cresta en 1974 n'a pas relevé aucune différence entre la dépense énergétique des HbAS et HbAA au cours d'un exercice progressivement croissant amenant à épuisement (6).
- Robinson et al. (1976) et Boutros-Toni et al. (1980) ont trouvé une même capacité de travail pour une fréquence cardiaque de 170 battements par minute chez deux groupes de sujets HbAS et HbAA de niveau comparable, au cours de deux exercices progressivement croissants [7 – 19].

- Cissé et Coll (1984) ont mesuré et comparé les valeurs spirométriques de repos (capacité vitale et consommation d'O₂), la capacité maximale aérobie (Vo₂ max.) et le lactate sanguin après effort sous maximal sur bicyclette ergométrique entre un groupe de sportifs drépanocytaires hétérozygotes (à hémoglobine AS) et un groupe de sportifs à hémoglobine normale(HbAA). La seule différence significative entre les deux groupes de sujets était le lactate sanguin produit après effort. Ils en ont conclu que le drépanocytaire hétérozygote est apte à la pratique sportive et que ses performances ne sont pas affectées dans les épreuves de résistance (100 m, 200 m, etc...). De même le GALLAIS et AL (1987) ont montré, au cours d'un exercice progressivement croissant par palier de 30 wmn⁻¹ sur ergocycle et conduit jusqu'à l'épuisement, que l'aptitude physique des sujets HbAS comparée aux sujets HbAA était non altérée au niveau de leur puissance aérobie.(8)
- Weisman et Al.(1988) n'ont observé aucune détérioration de la performance chez 22 sujets HbAS comparés à 15 sujets HbAA, lors d'un exercice intense sur ergocycle. Ces sujets étaient soumis avant l'expérimentation à un entraînement à base d'exercices de formation militaire pendant sept semaines. Ces auteurs suggèrent que la réponse au régime d'exercices modérés de l'armée soit identique pour la majorité des individus HbAS comparés aux sujets HbAA. (9)
- Gozal et Al. (1992) ont montré que la performance des sujets HbAS était identique à celle des sujets HbAA au cours d'une série de quatre exercices intenses conduisant à l'épuisement en deux minutes sur ergocycle, entrecoupés d'une récupération de vingt minutes. (10).
- D'autres études conduites en altitude et notamment lors des Jeux Olympiques de Mexico en 1968, deux athlètes noirs porteurs du trait drépanocytaire ont pris part aux épreuves de longues distances et en altitude (2136 m) sans présenter un problème particulier. (11). Au cours d'exercices réalisés à une altitude simulée

de 4000 m, la performance des sujets HbAS n'était pas altérée et était identique à celle des sujets HbAA.

Les auteurs notaient, toutefois, une forte augmentation du pourcentage des drépanocytes chez les sujets HbAS(8).

- Dans l'équipe ivoirienne de 4x400 m, un athlète porteur du trait drépanocytaire (HbAS) était présent en demi-finale aux Jeux Olympiques de Los Angeles. Le résultat de cet athlète est la preuve que les sujets HbAS sont capables d'atteindre un niveau de performance élevée dans des exercices de courte durée (8).

Par ailleurs, dans une compétition de 3000 m regroupant 148 adolescents, 17 étaient des sujets HbAS. De ces 17 HbAS, 14 soit 91, 6 % avaient terminé la course et 3 (15 %) faisaient partir des 20 abandons. Ceci confirmerait la thèse selon laquelle les HbAS présenteraient la même aptitude physique pour les exercices de durée moyenne (correspondant à une course de demi-fond) que les sujets à hémoglobine normale (12).

Une autre étude menée au sein d'une population de 263 étudiants en Education Physique et Sportive en Côte d'Ivoire a montré que les sujets HbAS avaient une excellente aptitude à réaliser des exercices physiques sollicitant les métabolismes aérobie et anaérobie. Les sujets HbAS représentaient 13,7 % de l'ensemble des étudiants, taux non significativement différent de celui de l'ensemble de la population de la Côte d'Ivoire qui est de 12 %. De même le pourcentage d'athlètes internationaux HbAS parmi les 263 étudiants était de 25%

Et celui des HbAA de 25,7%. Les épreuves auxquelles ces sujets HbAS avaient pris part étaient le sprint court et long, les sauts en longueur et en hauteur, le football et le hand-ball (13).

- Thiriet et Al. (1991) ont mené une étude similaire auprès d'étudiants en Education Physique et Sportive au Cameroun. Ces auteurs ont conclu que le

trait drépanocytaire n'était pas un facteur limitant de la carrière d'éducateur sportif. Les étudiants porteurs du trait drépanocytaire comme leurs homologues à hémoglobine normale (HbAA) effectuaient sans incident quatre heures d'épreuves physiques (aérobie et anaérobie) quotidiennement et leur taux d'échec ne présentait aucune différence significative avec celui des HbAA (16).

- Enfin, en 1991, Le Gallais et Al ont analysé les performances réalisées par les sujets HbAS au cours des différents championnats de 1956 à 1989. Leur taux (10,1 %) ne présentait aucune différence significative par rapport à l'ensemble de la population nationale (12 %). Les 13 sujets HbAS recensés avaient remporté 33 titres et établi 33 records nationaux : Un pour les distances de 800 m et au delà et 32 pour les distances inférieures ou égales à 400 m.

Ces résultats restaient néanmoins inférieurs à ceux réalisés par les sujets HbAA(14).

Cette étude montre que les performances des HbAS sur courtes distances apparaissent meilleures que sur longues distances.

- Pearl W et Coll (1994) n'ont pas trouvé de différences significatives, sur les tracés d'électrocardiogramme d'exercice de 28 sujets porteurs du trait drépanocytaire comparés à 28 sujets témoins de la même tranche d'âge

B) Arguments en faveur d'aptitudes physiques moindres des sujets HbAS comparés aux sujets HbAA

- Le Gallais et Al (1987) ont montré que l'aptitude physique des HbAS peut être limitée au niveau de leur capacité aérobie, au cours d'un exercice consistant en la succession ininterrompue de 9 paliers de 5 minutes chacun (chaque palier comporte un exercice réalisé pendant 4 minutes au niveau du seuil aérobie suivi

d'un exercice supra maximal conduisant à l'épuisement en 1 minute). Leur moins bonne adaptation cardioventilatoire mise en évidence dans cette étude, vraisemblablement en rapport avec leur hémoglobinopathie, est l'une des causes de cette limitation (8).

- Thiriet et Al (1994) ont analysé les performances réalisées par les HbAS tout le long d'un parcours de 34,1 km à des altitudes allant de 615 m à 4090 m. Ils ont montré que la performance des HbAS était altérée au-delà de 3800 m d'altitude bien que celle-ci à l'arrivée ne présente aucune différence significative avec celle des HbAA (15).
- Dans une autre étude, des cas de collapsus de plusieurs athlètes porteurs du trait drépanocytaire ont été réalisés :
 - Un jeune homme de 21 ans à l'arrivée d'un 2 miles (3218 m) couru sous une température élevée (20).
 - Et un cadet de 16 ans au cours d'un cross-country. Ce jeune athlète avait récidivé à l'arrivée d'un 5000 m parcouru en 15 minutes, 20 secondes (17).

De même, plusieurs cas de mort subite ont été rapportés. Les examens pratiqués sur ces sujets avaient révélé des signes de rhabdomyolyse, de myoglobinurie, de nécrose tissulaire aiguë, d'insuffisance rénale et de coagulation intramusculaire disséminée (18).

Si les mécanismes qui conduisent à la mort subite sont mal connus, les examens para-cliniques et les autopsies ont amené les médecins à conclure en faveur d'une crise drépanocytaire aiguë.

D'après l'analyse de ces différents arguments, nous pouvons dire que l'aptitude physique du sujet porteur du trait drépanocytaire à la pratique sportive serait différente de celle des sujets à hémoglobine normale (HbAA) à cause :

1. Des risques potentiels liés à leur hémoglobinopathie

2. De la modification éventuelle de leur capacité à réaliser de hautes performances.

Ces deux aspects ont fait apparaître beaucoup de controverses auprès des chercheurs et notamment en rapport avec leurs méthodes d'investigation.

Néanmoins, les résultats suivants semblent maintenant établis

1. L'aptitude à réaliser des exercices de sprint court sollicitant la puissance anaérobie n'est pas altérée chez les sujets HbAS.
2. L'aptitude des sujets HbAS à réaliser des exercices intenses et prolongés serait diminuée.

TABLEAU I: Cas de mort subite des sujets HbAS au cours de la pratique sportive

	Activité pratiquée	Age (ans)	Délais de survenue du décès	Altitude	Niveau d'entraînement	Autres informations	Auteurs
CAS₁	Football (match)	19	1 ^{er} jour de pratique	1647m			Ewing (1974)
CAS₂	course à pieds (3 miles)	21	48h après la pratique		Athlète confirmé		Zimmermann et al. (1974)
CAS₃	course à pieds (1 miles)	19		200m	Athlète confirmé	Militaire	Koppes et al. (1977)
CAS₄	course d'obstacles	19	1 ^{er} jour de pratique	200m	Athlète confirmé		Koppes et al. (1977)
CAS₅	course à pieds (2 miles)	19		2163m	Athlète confirmé		Koppes et al. (1977)
CAS₆	course d'obstacles	17		2163m	Athlète confirmé	Militaire	Koppes et al. (1977)
CAS₇	Natation (36,6m) plus course à pieds (300)	21	24h	1220m		Militaire	Jones et al. (1970)
CAS₈	course à pieds (1 miles)	19	25h	1220m	Athlète confirmé	Militaire	Jones et al. (1970)
CAS₉	Natation (18,33m)	21	Quelques heures	1220m		Militaire	Jones et al. (1970)
CAS₁₀	course à pieds	21	8h	1220m	Athlète confirmé	Militaire	Jones et al. (1970)

CHAP III – MATERIEL

A – POPULATION D'ETUDE

L'étude a porté sur une population de 14 sujets : 7 sujets porteurs du trait drépanocytaire (groupe expérimental) et 7 sujets témoins. Les sujets ont été recrutés parmi les étudiants de l'Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS). Il s'agit d'une population de jeunes sportifs sénégalais noirs et de sexe masculin. Ils sont tous nés au Sénégal et y ont toujours vécu et peuvent être considérés comme parfaitement adaptés au climat tropical. L'étude a eu lieu dans le laboratoire d'expérimentation de l'INSEPS.

Les sujets ont volontairement accepté de participer à l'étude après avoir été informés du protocole de recherche.

1° - Sujets porteurs du trait drépanocytaire

Ils ont été choisis sur la base du test d'Emmel (positif) et de l'électrophèse de l'hémoglobine. Ces deux tests ont été effectués lors de la visite médicale d'aptitude à l'issu de laquelle les candidats sont définitivement admis à l'INSEPS.

Avant de commencer notre expérience, tous les sujets ont fait l'électrophorèse de l'hémoglobine pour confirmer la drépanocytose hétérozygote dont le taux de prévalence de l'hémoglobine AS est compris entre 35 et 50 %.

Leur âge était de 25 ans +/- 1,39, leur poids 74 kgs +/- 9,15 et leur taille 183,71 cm +/- 5,80.

2°- Sujets témoins

Il s'agit de sujets non porteurs du trait drépanocytaire et qui pratiquent des activités physiques comme leurs homologues drépanocytaires hétérozygotes. Par souci d'homogénéité au niveau de l'âge et du degré d'entraînement, les sujets témoins ont été recrutés au sein de mêmes promotions que les sujets porteurs du trait drépanocytaire.

En effet, les étudiants de même niveau d'étude avaient le même volume horaire de pratique sportive.

Leur âge était de 25 ans +/- 1,93, leur poids 72,28 kgs +/- 5,87 et leur taille 180,57 cm +/- 6,84.

B – INSTRUMENTS UTILISES

Notre expérience a porté sur une épreuve intense et de longue durée sur ergo cycle (une heure de pédalage, 75 % de la fréquence cardiaque maximale).

Pour les besoins de l'expérimentation, les instruments suivants ont été utilisés :

- Deux (2) bicyclettes ergométriques de type Monark comportant une tablette électronique incorporée sur laquelle se lit directement le nombre de tours de pédalage par minute : la bicyclette comporte un volant d'inertie et une selle réglable en fonction de la taille du sujet pour lui permettre de pédaler confortablement. Sur le volant est fixée une sangle de tension variable, reliée à un contrepoids.

- Un (1) appareil de mesure des températures : « Thermistor Thermometer » 400 OTD series 700. Cet appareil comporte cinq canaux de sortie permettant de mesurer, pour deux sujets, la température rectale, la température cutanée et la température ambiante.

Il est fabriqué par YSI Incorporated – Yellow Springs Instrument.

CO.,Inc. Yellow Springs, OHIO 45387 USA.

- Deux (2) cardiofréquence/mètres où l'on peut lire directement la fréquence cardiaque.

- Un (1) tensiomètre à brassard et d'un (1) stéthoscope pour mesurer la pression artérielle.

- Une (1) toise graduée en centimètres pour mesurer la taille du sujet.

-Un (1) pèse-personne de type SECA.

-Deux (2) chronomètres pour mesurer :

- la durée de chaque palier de 5 minutes
- L'ensemble de douze (12) paliers de 5 minutes (plus l'échauffement et la récupération).

CHAP IV : METHODE

I -PROTOCOLE DE RECHERCHE

Le protocole de recherche que nous avons mis à exécution a comporté deux parties :

- L'examen médical
- Un test d'effort

1° - Examen médical

L'examen médical a comporté trois parties :

- Un interrogatoire sur les antécédents médicaux notamment en rapport avec la drépanocytose (céphalée, douleurs ostéo-articulaires).
- Une analyse de la radiographie pulmonaire.
- Un bilan biologique comprenant la Numération Formule Sanguine, le Taux de réticulocytes, l'Electrophorèse de l'hémoglobine.

2° - Test d'effort

Il s'agit d'un test intense et de longue durée (une heure de pédalage – 75 % de la fréquence cardiaque maximale qui se calcule selon la formule : $220 - \text{âge}$). La bicyclette ergométrique dont nous avons défini les caractéristiques dans le chapitre précédent a servi à la réalisation de ce test.

La détermination indirecte de la consommation maximale d'oxygène sur ergocycle consiste à faire pédaler un sujet à une puissance déterminée (constante ou croissante) en fonction du type d'épreuve choisi. Il existe une relation entre la fréquence cardiaque, la puissance d'exercice et la consommation maximale d'oxygène (Nomogramme d'Astrand).

Les caractéristiques de l'épreuve intense sur ergocycle sont les suivantes :

- Les sujets devaient pédaler à 75 % de leur fréquence cardiaque maximale ($FC_{\text{max}} = 220 - \text{âge}$).
- La fréquence de pédalage était en moyenne de 60 tours / minute

- Le temps de pédalage était d'une heure de temps répartie en douze paliers (12) de cinq minutes.
- Les douze (12) paliers étaient précédés d'un échauffement de cinq (5) minutes pour que les sujets atteignent 75 % de leur fréquence cardiaque maximale, ensuite la charge était maintenue constante.

2-1 - Précautions

Dans le cadre de l'expérimentation, nous avons demandé aux sujets de ne pas effectuer d'effort physique important la veille et le jour du test.

L'épreuve s'est déroulée en présence d'un médecin.

La fréquence cardiaque, la pression artérielle, la température rectale, la température cutanée, le poids et la taille des sujets étaient pris avant le test ainsi que la température ambiante.

La selle de la bicyclette était réglée en fonction de la taille du sujet. Les sujets devaient pédaler à 75 % de leur fréquence cardiaque maximale.

2-2 Déroulement

Dans la même journée, deux sujets drépanocytaires et deux sujets témoins effectuent le test. Un sujet drépanocytaire et un sujet témoin pédalent en même temps en position assise, au rythme de 60 tours / minute sous 75 % de leur fréquence cardiaque maximale.

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

- La charge affichée
- La fréquence cardiaque, la température cutanée, la température rectale étaient prises dans les trente dernières secondes de chaque palier pour ne pas empiéter sur le palier suivant.
- La pression artérielle finale était mesurée à la fin du douzième palier
- La fréquence cardiaque était prise après 3 minutes de récupération.

NB – Il nous a fallu parfois modifier la puissance de pédalage pour être le plus proche de 75 % de la fréquence cardiaque maximale.

– Tous les sujets ont bu un demi-verre d'eau à la fin du cinquième palier

- La température ambiante était constante et avoisinait 26,56 ° C.

2.3. Détermination indirecte de la VO2 max.

A la fin du test, la valeur de la consommation maximale d'oxygène (Vo2 max.) a été obtenue à partir du monogramme d'Astrand (voire ANNEXE II)

2-4 – Analyse statistique

Les moyennes et les écarts types ont été calculés pour tous les paramètres mesurés lors du test sanguin et le test d'effort.

Le test de STUDENT a été effectué pour déterminer le degré de significativité des différences qui existent entre les deux groupes : le groupe drépanocytaire hétérozygote et le groupe témoin.

P est le degré de significativité

- Si $P > 0,05$ la différence n'est pas significative
- Si $P < 0,05$ la différence est significative

II-RAPPEL DES DIFFERENTS PARAMETRES MESURES LORS DU TEST SANGUIN

A) -L'ELECTROPHORESE DE L'HEMOGLOBINE

Elle permet d'affirmer le diagnostique en précisant le type de l'hémoglobinopathie.

Il existe deux types d'électrophorèse de l'hémoglobine :

A-1 – L'électrophorèse à ph alcalin

Elle s'effectue sur un support d'acétate de cellulose le plus souvent dans un tampon alcalin.

Toutes les hémoglobines qui ont une différence de charge avec l'hémoglobine A sont visualisées et l'hémoglobine S migre entre l'hémoglobine A₁ et l'hémoglobine A₂.

A-2 – L'électrophorèse à ph acide

La migration électrophorétique de l'hémoglobine est très caractéristique parce qu'elle se lie avec l'argaropectine pour former le complexe qui migre vers l'anode. Cette méthode a un grand intérêt diagnostique quant à l'identification de l'hémoglobine S.

B) L'HEMOGRAMME

C'est l'étude qualitative et quantitative des éléments figurés du sang. Il comporte :

- La numération des éléments figurés (globules rouges, globules blancs, plaquettes)
- L'étude des constantes hématologiques
- L'étude du frottis sanguin (Formule leucocytaire, étude morphologique des cellules)

B-1- La numération des cellules

Il s'agit de compter chaque type d'éléments figurés (Globules rouges, Globules blancs, Plaquettes) contenu dans un volume de sang défini, dilué dans un liquide approprié, à une dilution connue.

B-2- Les constantes hématologiques

B-2-1 Le taux de réticulocytes

Les réticulocytes sont des globules rouges jeunes venant juste de sortir de la moelle et ayant encore, après expulsion du noyau, une structure réticulée provenant des débris d'organelles cellulaires agrégés.

- Une baisse importante du taux de réticulocytes signe une arégénération médullaire.
- Une élévation est signe de régénération médullaire plus ou moins importante.

Ce paramètre constitue une condition nécessaire quoique non suffisante pour l'obtention d'un bon transport de l'oxygène donc d'une consommation maximale d'oxygène la plus haute possible. Ceci est particulièrement important dans les sports d'endurance (Dr A. Garnier & J.D. Rouillon 1991).

Le taux d'hémoglobine varie selon l'âge et le sexe, mais il n'y a pas de variations selon la race.

B-2-3 L'hématocrite

C'est le volume occupé par les globules rouges dans un volume de sang total. Il permet le contrôle direct de la numération, rend compte des anomalies de taille des globules et met en évidence une éventuelle hyperleucocytose.

L'augmentation de l'hématocrite est un signe de la polyglobulie.

B-2-4 Le volume globulaire moyen (VGM)

C'est le volume moyen des globules rouges. Une augmentation du VGM au-delà de 100 micron-cube signe une macrocytose.

Une diminution en deçà de 80 micron-cube signe une microcytose.

B-2-5 La teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH)

C'est le poids moyen d'hémoglobine dans une hématie. Une TCMH normale signifie qu'il y a une normochromie.

L'augmentation de la TCMH a la même valeur que la normochromie.

La diminution est signe d'hypochromie.

B-2-6 La concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH)

C'est le pourcentage moyen d'hémoglobine dans une hématie.

Une CCMH normale est signe de normochromie.

L'hyperchromie n'existe pas, mais l'élévation exagérée de la CCMH doit faire rechercher d'autres maladies.

La diminution de la CCMH est signe d'hypochromie.

CHAP. V : RESULTATS

A –Résultats de l'Examen médical des drépanocytaires et des témoins

Les résultats de l'examen médical des deux groupes n'ont montré aucune autre pathologie pouvant différencier les deux groupes en dehors de la tare des sujets drépanocytaires.

Nous présentons ici les résultats de la numération formule sanguine et de l'électrophorèse de l'hémoglobine des sujets drépanocytaires et des sujets témoins. Toutes les valeurs obtenues sont dans les limites physiologiques normales •

**RESULTATS DE L'HEMMOGRAMME ET DE L'ELECTROPHORESE DE
L'HEMOGLOBINE DES SUJETS DREPANOCYTAIRES**

PH SUJET "D"	GB milliers /mm³	GR millions/ mm³	Hb g/dl	Hte %	VGM fl	TGMH Pg	CCMH %	Neutro philes %	Eosino philes %	Bsaop hiles %	Lymp hocyte s %	Mono cytes %	Plaquette s milliers/ mm³	TR milliers /mm³	HbA₁ %	HbA₂ %	HbF %	HbS %
D ₁	4,8	5,66	15,3	43,3	76,4	27	35	43	2	0	55	0	230	87,92 ou 1,2	45,9	7,3	1,14	45,66
D ₂	7,03	5,27	14,2	44,7	84,9	26,9	31,7	46,9	1	0	45,3	6,8	182	94,86 ou 1,8	55,9	1,7	1	41,3
D ₃	5	5,39	15,7	46,1	85,4	29	34	54	3	0	43	0	212	59,29 ou 1,1	54,85	4,6	0,45	40,1
D ₄	6,1	5,05	15,9	43,4	85,9	31,4	36,5	35,2	0	1	57,3	6,5	185	45,45 ou 0,9	54,16	4,2	2,24	39,4
D ₅	6,5	5,45	17,4	49	89,8	32	35	40	0	0	60	0	161	54,50 ou 1	52,06	1,2	2,14	44,6
D ₆	6,1	5,6	15,7	44,2	79	28	35	46	0	0	50	4	164	50,4 ou 0,9	58,71	2,7	0,29	38,3
D ₇	5,9	5,17	16,3	47,1	91,2	31	34	61	2	0	35	2	207	51,7 ou 1	49,5	1,4	traces	49,1
Moyenne	5,92	5,37	15,79	45,4	84,66	29,33	34,46	46,59	1,14	0,14	49,37	2,76	191,57	1,13	53,01	3,3	1,04	42,64
Ecart-type	0,79	0,22	0,97	2,11	5,35	2,14	1,48	8,65	1,21	0,38	8,87	3,04	25,7	0,31	4,27	2,22	0,88	3,92
Valeurs normales	4-10	4,5-5,5	13-18	40-54	80-95	27-32	32-35	45-70	0-5	0-3	25-45	3-10	200-400	20-120	55-60	1-3	0-2	38-45



**RESULTATS DE L'HEMMOGRAMME ET DE L'ELECTROPHORESE DE
L'HEMOGLOBINE DES SUJETS TEMOINS**

PH SUJET "D"	GB milliers/ mm³	GR millions/ mm³	Hb g/dl	Hte %	VGM fl	TGMH Pg	CCMH %	Neutrop hiles %	Eosinop hiles %	Bsaophi les %	Lymph ocytes %	Mono cytes %	Plaquet tes milliers	TR milliers /mm³	HbA₁ %	HbA₂ %	HbF %
T ₁	5,6	5,09	14,7	44,1	86,7	29	33	48	3	0	47	2	280	45,81 ou 0,9	93,1	5,5	1,4
T ₂	5,8	5,66	16,5	47,5	84	29	35	40	1	0	59	0	219	56,60 ou 1	96,74	2,6	0,66
T ₃	8,1	5,45	16,5	46,9	86	30	35	55	0	0	45	0	222	38,15 ou 0,7	91,31	3	5,69
T ₄	6,5	5,04	14,4	42,4	84,1	28	34	50	3	0	40	7	252	ou 0,8	98,71	1,1	0,19
T ₅	8,8	4,49	15,2	45,6	91,4	30	33	59	1	0	39	1	315	99,8 ou 2	91,2	8,8	traces
T ₆	5,9	5,88	17,3	49,1	83,5	29	35	57	0,1	0	42	0	224	88,20 ou 1,5	98,35	1,2	0,45
T ₇	5,7	4,64	15,2	43,7	94,2	32	34	46	8	0	46	0	204	46,40 ou 1	97,69	2	0,31
Moyenne	6,63	5,25	15,69	45,61	87,13	29,57	34,14	50,71	2,43	0	45,43	1,43	245,14	1,13	95,3	1,2	0,31
Ecart-type	1,29	0,43	1,08	2,37	4,12	1,27	0,9	6,73	2,7	0	6,7	2,57	36,65	0,46	3,32	2,78	2,01
Valeurs normales	4-10	4,5-5,5	13-18	40-54	80-95	27-32	32-35	45-70	0-5	0-3	25-45	3-10	200-400	20-120	95-98	1-3	0-2

GB = Globules blancs
GR = Globules rouges
Hb = Hémoglobine

Hte = Hématocrite
VGM = Volume globulaire moyenne
TGMH = Teneur globulaire moyenne en hémoglobine

CCMH = Concentration corpusculaire
moyenne en hémoglobine
TR = Taux de réticulocytes

TABLEAU C₁ : COMPARAISON DE L'HEMOGRAMME

GROUPE	GB MILLIERS/ mm³	GR MILLIONS/m³	Hb g/dl	HTE %	VGM fl	TGMH Pg	CCMH %	TR %
"D" MOYENNE	<i>5,92</i>	<i>5,37</i>	<i>15,79</i>	<i>45,40</i>	<i>84,66</i>	<i>29,33</i>	<i>34,46</i>	<i>1,13</i>
"T" TEMOIN	<i>6,63</i>	<i>5,25</i>	<i>15,69</i>	<i>45,61</i>	<i>37,13</i>	<i>29,57</i>	<i>34,14</i>	<i>1,13</i>
DIFFERENCE	<i>NS : P=0,24</i>	<i>NS : P=0,52</i>	<i>NS : P=0,85</i>	<i>NS : P=0,86</i>	<i>NS : P=0,35</i>	<i>NS : P=0,80</i>	<i>NS : P=0,64</i>	<i>NS : P=1,00</i>

Les différences observées ne diffèrent pas significativement entre les deux groupes.

TABLEAU C₂ : COMPARAISON DES DONNEES ANTHROPOMETRIQUES

<i>DONNEES ANTHROPOMETRIQUES</i>	Groupe "D"		GROUPE "T"	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
<i><u>POIDS AVANT EXERCICE</u></i> <i>(Kg)</i>	74	9,15	72,28	5,87
<i>TAILLE (Cm)</i>	183,71	5,80	180,57	6,84
<i>AGE (ANNEE)</i>	25	1,39	25	1,93

"T" = Témoins

"D" = Drépanocytaire

Les comparaisons des données anthropométriques ne montrent aucune différence significative.

TABLEAU C₃ : COMPARAISON DE LA PRESSION ARTERIELLE AU REPOS

<i>PA DE REPOS EN mm Hg</i>	GROUPE "D"		GROUPE "T"		DIFFERENCE
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<i>PAS en mm Hg</i>	117,14	11,13	110	8,16	NS : P=0,20
<i>PAD en mm Hg</i>	72,86	4,88	71,43	6,90	NS : P=0,66
<i>PAM en mm Hg</i>	87,62		84,28		

"T" = Témoins

PAD = Pression Artérielle Diastolique PAS = Pression Artérielle Systolique

"D" = Drépanocytaire

PA = Pression Artérielle

PAM = Pression Artérielle Moyenne

Les différences observées entre les moyennes des pressions artérielles (systolique et diastolique) et de la pression artérielle moyenne ne diffèrent pas significativement entre les deux groupes

TABLEAU C₄ : COMPARAISON DES FREQUENCES CARDIAQUES DE REPOS

	GROUPE "D"		GROUPE "T"		DIFFERENCES
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
FC DE REPOS	76,57	4,28	69,14	8,55	<i>NS : P=0,07</i>

FC = Fréquence cardiaque en nombre de battement par minute

"T" = Témoins

"D" = Drépanocytaire

Les différences qui existent entre les valeurs de fréquence cardiaque au repos ne sont pas significatives

TABLEAU C₅ : COMPARAISON DE LA PERTE DE POIDS

	Groupe "D"		GROUPE "T"		DIFFERENCES
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<i>PERTE DE POIDS (KG)</i>	<i>1,29</i>	<i>0,49</i>	<i>1,29</i>	<i>0,91</i>	

Les pertes hydriques sont quasi identiques pour les deux groupes de sujets.

TABLEAU C₆ : COMPARAISON DE LA TEMPERATURE RECTALE ET LA TEMPERATURE CUTANEE AU REPOS

<i>TEMPERATURE EN DEGRES CELSIUS (°C)</i>	GROUPE "D"		GROUPE "T"		Différences
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<i>TEMPERATURE RECTALE</i>	37,2	0,66	37,15	0,09	<i>NS : P=0,84</i>
<i>TEMPERATURE CUTANEE</i>	33,21	0,97	32,61	1,76	<i>NS : P=0,45</i>

Les valeurs de repos des températures (rectale et ambiante) ne présentent pas de différences significatives entre les deux groupes.

TABLEAU C₇ : COMPARAISON DE LA PRESSION ARTERIELLE FINALE

<i>PA FINALE (en mm Hg)</i>	GROUPE "D"		GROUPE "T"		DIFFERENCE
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<i>PAS en mm</i>	152,85	16,04	150	11,55	NS : P=0,71
<i>PAD en mm Hg</i>	81,42	10,69	81,43	6,90	NS : P=1
<i>PAM en mm Hg</i>	105,23		104,28		

“T”= Témoins

PA = Pression Artérielle

PAD = Pression Artérielle

Diastolique

“D”= Drépanocytaire

PAS = Pression Artérielle Systolique

PAM= Pression Artérielle Moyenne

Les moyennes des pressions artérielles (systolique, diastolique, moyenne) ne présentent pas de différences significatives.

TABLEAU C₈ : COMPARAISON DES FREQUENCES CARDIAQUES APRES 3 MINUTES DE RECUPERATION

	GROUPE "D"		GROUPE "T"		DIFFERENCES
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<i><u>FC APRES</u></i> <i><u>3MINUTES</u></i> <i><u>DE</u></i> <i><u>RECUPERATION</u></i>	93,57	7,04	87	11,08	NS : P=0,21

FC = Fréquence cardiaque en nombre de battements par minute

Les valeurs de la fréquence cardiaque après 3 minutes de récupération ne diffèrent pas significativement entre les deux groupes.

TABLEAU C₉ : COMPARAISON DE LA TEMPERATURE RECTALE ET LA TEMPERATURE CUTANEE AU COURS DE L'EXERCICE

<i>TEMPERATURE EN DEGRES CELSIUS (°C)</i>	GROUPE "D"		GROUPE "T"		Différences
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<i>TEMPERATURE RECTALE</i>	37,86	0,23	37,93	0,27	<i>NS : P=0,53</i>
<i>TEMPERATURE CUTANEE</i>	33,92	1,91	32,50	0,21	<i>NS : P=0,46</i>

Les moyennes observées des températures (rectale et cutanée) ne présentent pas de différences significatives. Mais il y a une légère tendance à l'augmentation de ces deux paramètres chez les sujets témoins. (Fig. n° 1 et n°2)

TABLEAU C₁₀ : COMPARAISON DE LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE (VO₂ MAX.)

	GROUPE "D"		GROUPE "T"		DIFFERENCES
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
VO ₂ MAX. L/min	2,56	0,10	2,63	0,10	NS : P=0,09

Les différences de la consommation maximale d'oxygène entre les deux groupes ne sont pas significatives. Seulement il y a une légère tendance à l'augmentation de la consommation maximale d'oxygène chez les sujets témoins. (Fig. n° 3)

Fig 1: Courbes comparatives de la température rectale

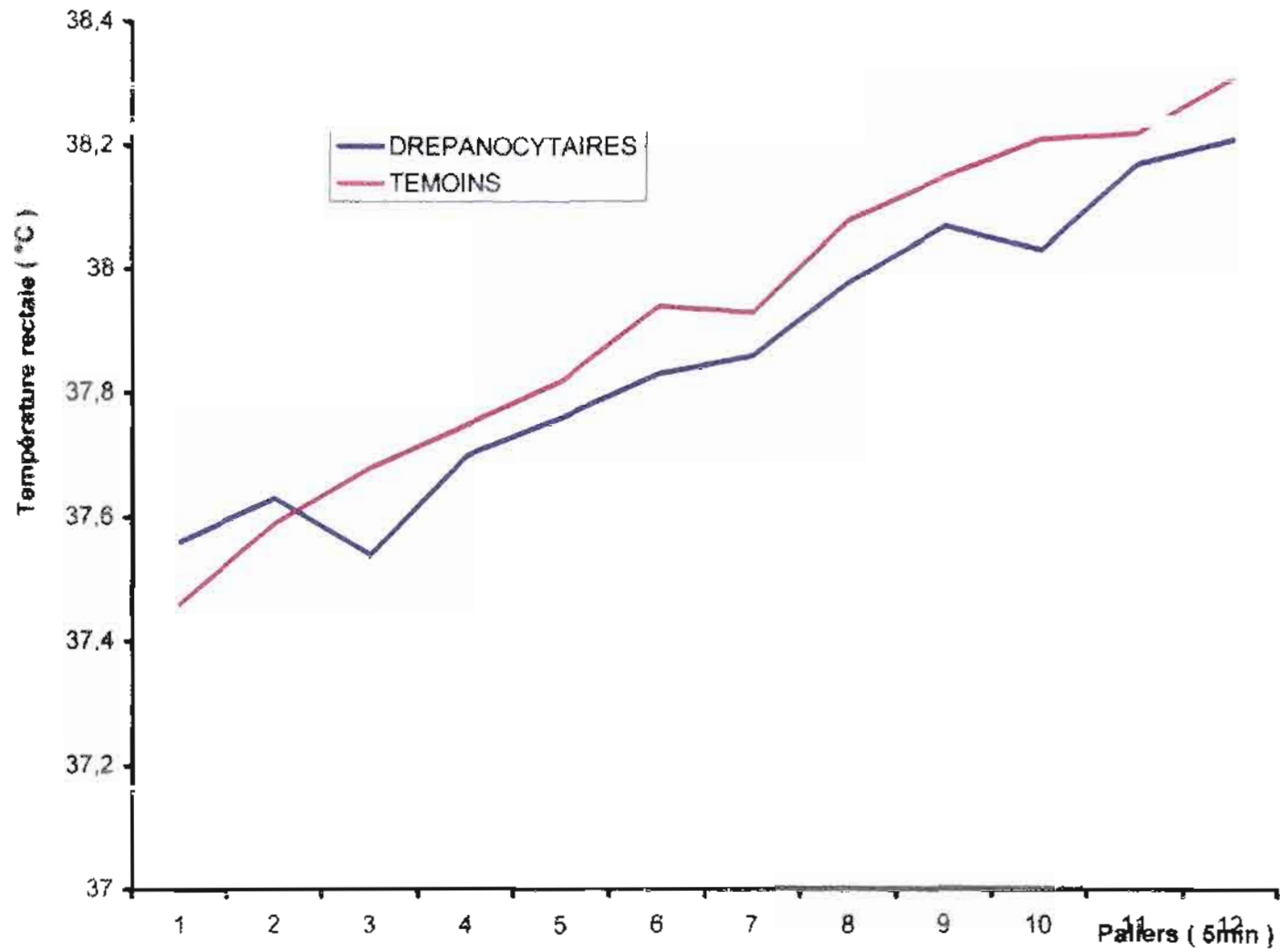


Fig 2 : Courbes comparatives de la température cutanée

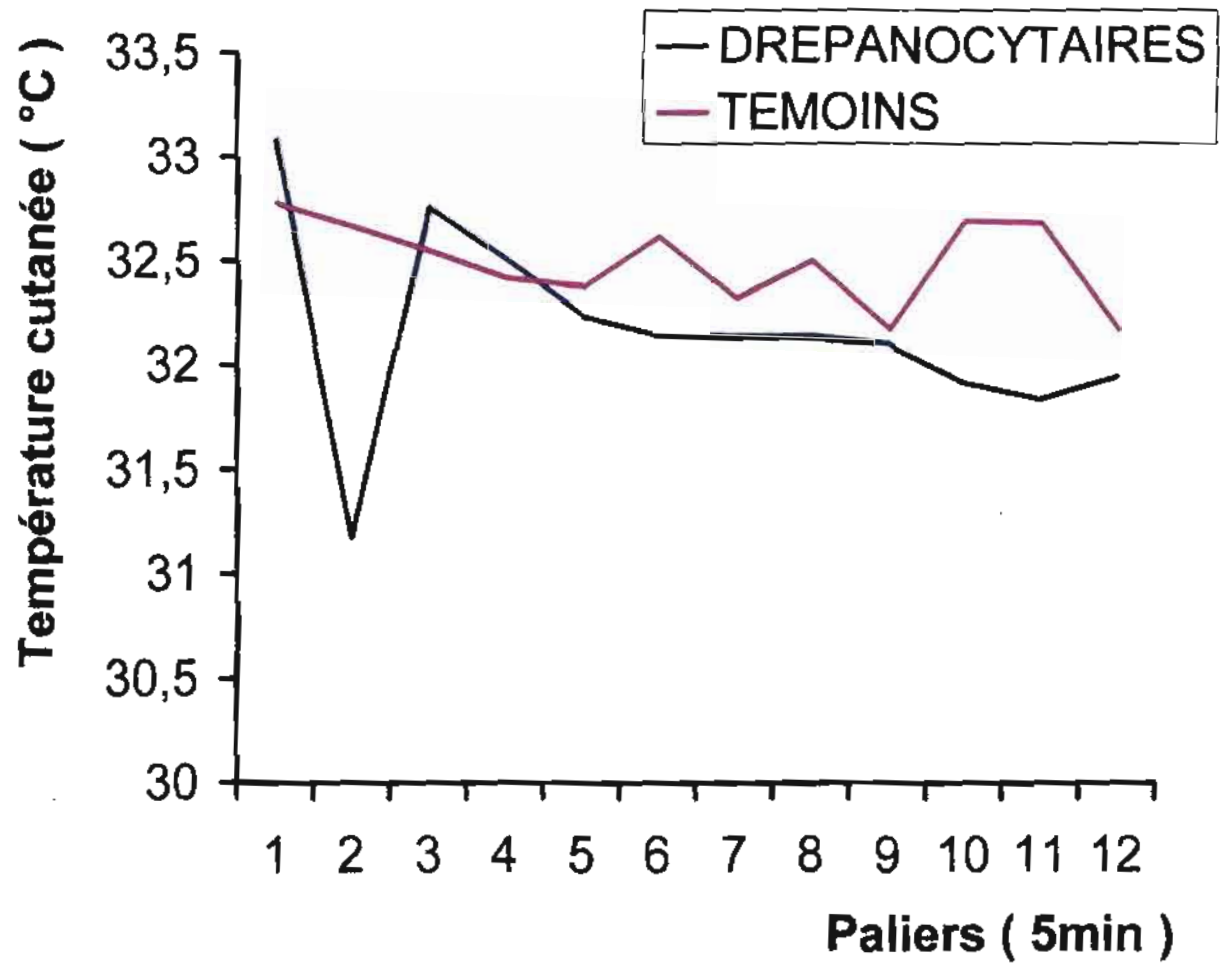
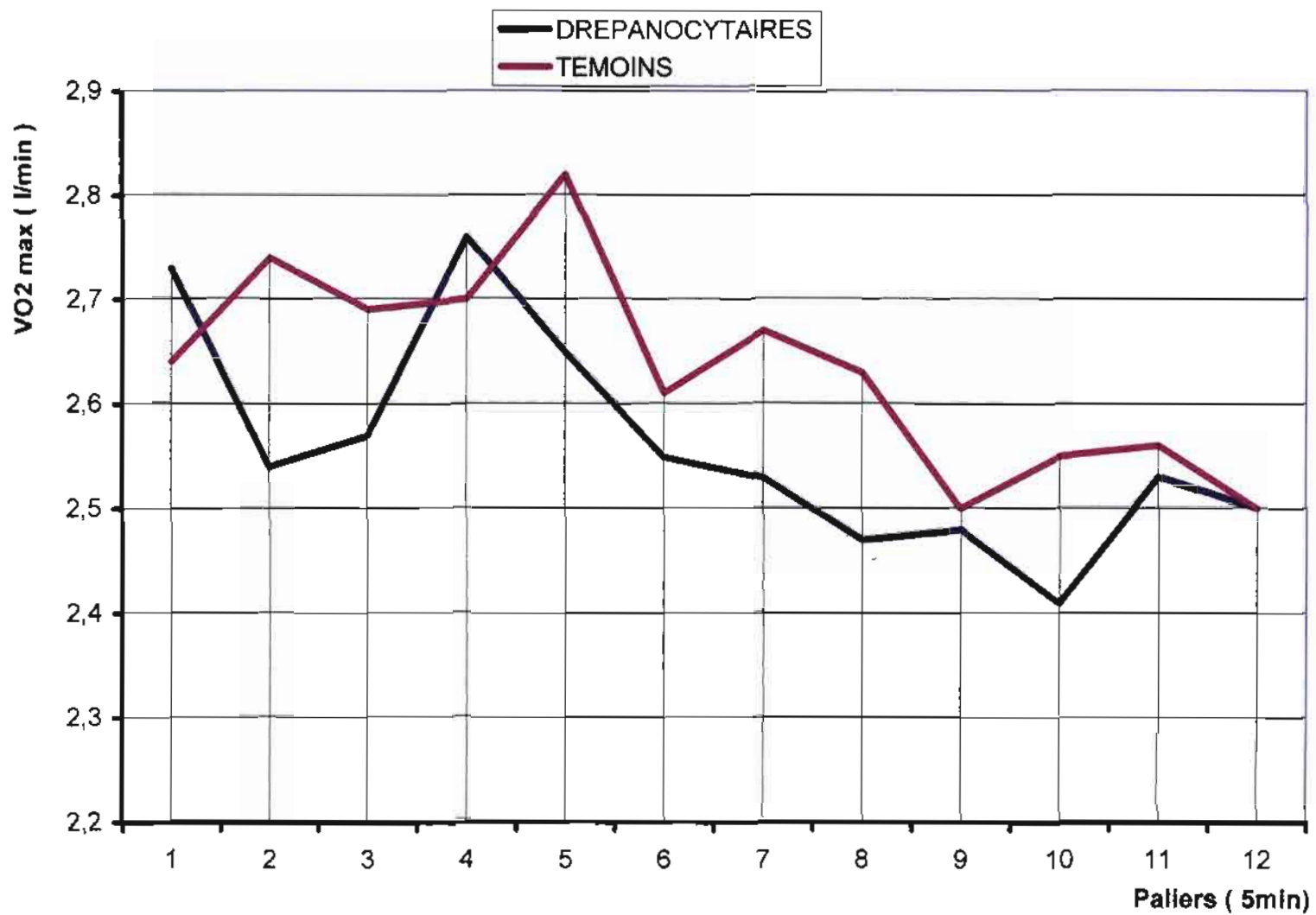


Fig. N° 3: COURBE COMPARATIVE DE LA CONSOMMATION MAXIMALE D'OXYGENE



CHAP. VI : COMMENTAIRE ET DISCUSSION

Les données anthropométriques que nous avons mesurées dans notre étude montrent qu'il y a une homogénéité statur pondérale entre les deux groupes.

Les paramètres hématologiques étudiés chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire et chez les sujets témoins n'ont pas montré de différences significatives au repos. Ces résultats sont conformes avec ceux d'autres travaux antérieurs. En effet, BEGUE P. remarque que « les caractéristiques hématimétriques du Sang périphérique des patients drépanocytaires hétérozygotes sont identiques à celles du Sang normal, tant en ce qui concerne la lignée érythrocytaire que les lignées leucocytaires et plaquettaires. L'examen de la moelle hématopoïétique des drépanocytaires hétérozygotes ne montre aucune anomalie, ni morphologique, ni quantitative, en particulier le pourcentage des erythroblastes médullaires est normal ».

Les capacités de transports de l'oxygène pour le sujet drépanocytaire hétérozygote seraient intacts, la seule différence pourrait se trouver dans la baisse d'affinité de l'oxygène pour l'hémoglobine AS. (E. BITANGA, JD ROUILLON).

L'étude des températures (rectale et cutanée) tant au repos qu'au cours de l'exercice n'a pas montré de différence significative dans les deux groupes de sujets car les moyens de lutte contre l'augmentation de la température induite par l'exercice ne sont pas dépassés pour les deux groupes. En particulier, l'hydratation globale de nos sujets n'est pas modifiée. Cependant, nous avons noté une tendance à l'augmentation des températures (rectale et cutanée) chez les sujets témoins comparés aux sujets drépanocytaires hétérozygotes sans pour autant qu'elle soit significative.

Les moyens de fréquence cardiaque (repos et après 3 minutes de récupération) ainsi que la pression artérielle (repos et à la fin du douzième palier) ne révélait pas

de différences significatives. Ces résultats confirment les résultats d'une étude antérieure (contribution à l'exploration de l'aptitude physique du sportif sénégalais porteur du trait drépanocytaire : Mémoire de maîtrise 97/98).

Il ne fait pas de doute que la pratique physique est déconseillée chez les sujets drépanocytaires homozygotes.

Par contre chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire (drépanocytose hétérozygote), la tare ne semble pas être un handicap dans la pratique de l'activité physique en particulier dans des exercices de résistance comme l'a montré LE GALLAIS et AL en 1991 ; CISSE et COLL en 1980.

Cependant, pour des exercices de longue durée faisant appel, de manière importante, au métabolisme aérobie, donc au transport de l'oxygène et à la production d'énergie par l'oxydation des GLP (Glucides, Lipides, Protides), des baisses de performance pourrait s'observer. LE GALLAIS et AL. Aptitude Physique des porteurs du trait drépanocytaire. Sci. Sport. 1987.

Dans notre étude, le métabolisme aérobie est très sollicité. Cependant, nous n'avons pas noté de différence dans la consommation maximale d'oxygène. Ce qui a été noté lors de l'étude antérieure : « contribution à l'exploration de l'aptitude physique du sportif sénégalais porteur du trait drépanocytaire ». Seulement, on a noté une tendance à l'augmentation de la consommation maximale d'oxygène des sujets témoins comparés aux sujets drépanocytaires.

L' hypoxie et l'acidose induites par l'exercice proposé dans notre étude (une heure de pédalage – 75 % de la fréquence cardiaque maximale ; exercice relativement contraignant) n'étaient pas suffisantes pour entraîner le phénomène de la falciformation d'autant plus que l'expérience a été faite sous une température ambiante moyenne.

Peut-être sous une température beaucoup plus élevée, ce type d'exercice pourrait être un facteur déclenchant de l'apparition des drépanocytes.

Des exercices de plus longue durée (deux heures au plus) et en altitude pourraient cependant mettre en évidence une baisse de la performance par diminution des capacités de transport de l'hémoglobine du sujet hétérozygote pour satisfaire la demande en oxygène des cellules musculaires.

Par ailleurs, il serait utile d'évaluer la fonction rénale des sujets porteurs du trait drépanocytaire à la recherche d'une anomalie de la fonction rénale en rapport avec un déséquilibre hydroélectrolytique, en particulier un ionogramme. Car, cette anomalie rénale pourrait peut-être expliquer ou faire partie des causes de mort subite rapportées chez les sujets HbAS au cours de l'exercice musculaire.

CONCLUSIONS

L'objet de notre étude était d'étudier l'aptitude physique du sujet porteur du trait drépanocytaire dans une épreuve intense et de longue durée.

Nous avons mesuré et comparé la fréquence cardiaque (au repos et après 3 minutes de récupération), la pression artérielle (au repos et à la fin du douzième palier), les températures (rectale et cutanée) au repos et au cours de l'exercice, ainsi que la consommation maximale d'oxygène. Les résultats que nous avons obtenus nous poussent à conclure que les sujets porteurs du trait drépanocytaire étaient capables d'atteindre les mêmes performances dans des exercices intenses et de longue durée.

Ces résultats entrent en rapport avec ceux d'autres travaux sur l'aptitude physique du sujet porteur du trait drépanocytaire : LE GALLAIS et AL. En 1991 et WEISMAN et AL. En 1988 pour ne citer que ces auteurs. Aujourd'hui, on pourrait affirmer que les risques seraient mineurs pour les sujets porteurs du trait drépanocytaire dans ce type d'épreuve.

Cependant, des études devraient se poursuivre en vue de trouver une explication aux cas de mort subite observés lors de l'exercice musculaire chez les sujets porteurs du trait drépanocytaire.

Ces cas de mort subite ont été imputés à la tare.

BIBLIOGRAPHIE

1- HECRICK J.B

Peculiar elongated and sickle – shaped red corpuscles in a case of severe Anemia – Arch ; Intern- Med – 1910

2 -HAHN E-V., GILLESPI E.B

SICKLE CELL anemia – ARCH. INTER Med. 1927

3 - PAULING L. , ITANO H .A., WELL. I.C

SICKLE CELL anemia : a molecular disease . science 1949.

4 - BEGUE P. , Maladie drépanocytaire 1984

5 –HARRIS J.W.

Studies on the destruction of red blood cells. VIII. Molecular orientation in sickle cell hemoglobin solution – Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 1950.

6 – CRESTA .M.

Energy expenditure in SICKLEMIA. JAMA.1974

7- BOUTROS TONI F. , DOSSOY. FREMINETA. LE CLERC L. POYART C.

Réactions cardiorespiratoires et métaboliques à un exercice sous-maximale sujets africains porteurs du trait drépanocytaire – 1980

8 – le GALLAIS D. LONSDORFER J. BUGUETA A. DAURE J.P MAERCIER J. MACABIES J. PREFAUT C. –

Aptitude physique des porteurs du trait drépanocytaire – Sci. Et Sport – 1987

9 – WEISMAN I.M., ZEBALOS R.J., MARTIN T.W., JOHNSON B.D.

Effect of army basic training in sickle cell trait- Arch. Intern. Med. 1988.

10- GOZAL D., THIRIET P., MBALA E. WOUASSI D., GELAS H., GEYSSANT A., LACOUR J.R.

Effect of different modalities of exercice and recovery on exercice performance in subjects with the sickle cell trait. Med. SCI-SPORTS EXERC. 1992

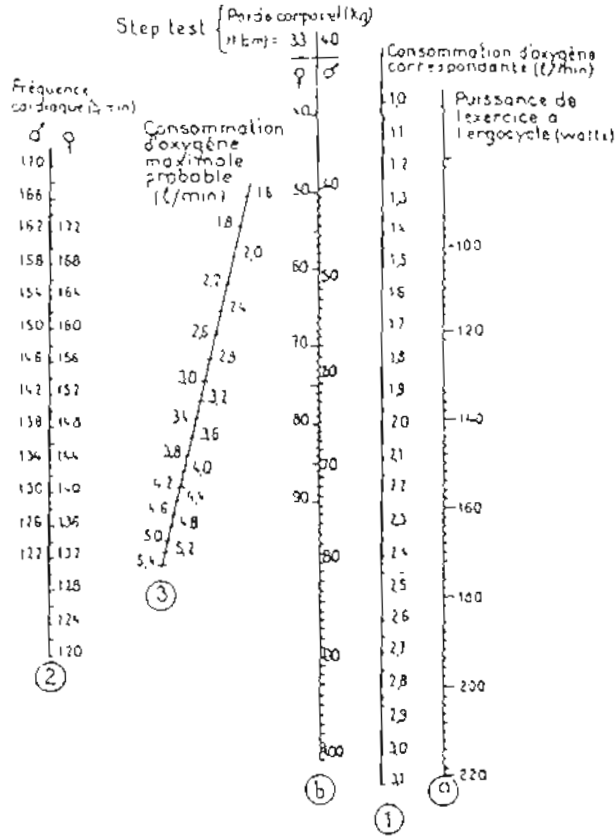
11 - EWING PC

- Death of an athlete with sickle cell trait- Med. World New 1967.
- 12 – LE GALLAIS D. , BOGUI P., DULAT C , ARRA J., PREFAUT C., LONSDORFER J.
Participation d'adolescents drépanocytaires AS à une course de 3000 m SCI. SPORTS –1989.
- 13 – LE GALLAIS D., LONSDORFER J., FABRITIUS H., BOGUI P.,m SANGARE A., CABANES R.
Prevalence of sickle cell trait among students in a physical education college in Côte d'Ivoire – Nouvelle revue française d'hématologie – 1989.
- 14 – LE GALLAIS D., PREFAUT C., DULAT C., MACABIES J., LONSDORFER J.
Sickle cell trait in Ivory Coast athletic champions – INT. J. SPORTS Med. 1991.
- 15- THIRIET P., LE HESRAN J.Y., WOUASSI D., BRITANGA E., GOZAL D., LOUIS F.J.
Sickle cell trait performance in a prolonged race at high altitude. Med. Sci. Sports 1994.
- 16 – THIRIET P., MONNY LOBE M., GWEHA I., GOZAL D.
Prevalence of sickle cell trait in an athletic west african population – Med. Sci. Sports 1991.
- 17 – HELZLSOUER K.J. HAYDEN F.G ROGOL A.D
Service metabolic complications in a cross country runner with sickle cell trait – JAMA – 1983
- 18- KOPPE G.M DALLY J.J COLTMAN C.A. BUTKUS D.E –
Exertion induced rhabdomyolysis with acute renal failure and disseminated intravascular coagulation in sickle cell trait – THE Am. Med. 1977
- 19 – REINDORF C.A –
Personal communication – 1980
- 20 – SCHRIER R.W. HANDESEN H.S TISHER C.C TANNER R.L –
Nephropathy associated with heat stress and exercise – Med. 1967

21 – E. Bitanga , J.D ROUILLON

Influence de la drépanocytose hétérozygote sur les aptitudes énergétiques (1998).

ANNEXE I



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)

ANNEXE II

PRENOM

NOM

DATE

AGE

PAI

HEURE

PAF

TAILLE

	POIDS INITIAL	FRC	T° A	T° CUT	T° RECT	PUISSANCE
REPOS	FINAL					

EXERCICE

PALIERS						
P ₁						
P ₂						
P ₃						
P ₄						
P ₅						
P ₆						
P ₇						
P ₈						
P ₉						
P ₁₀						
P ₁₁						
P ₁₂						

3 Minutes de récupération

FRC	T° A	T° CUT	T° RECT

ANNEXE III

TABLEAU : II RESULTATS DES MESURES ANTHROPOMETRIQUES DES SUJETS
DREPANOCYTAIRES

Sujets	MA	Poids avant exercice(kg)	Age(années)	Taille(cm)
D1		74	24	188
D2		78	25	179
D3		69	26	190
D4		74	24	181
D5		58	24	173
D6		91	28	189
D7		74	26	186
D8		74	25	183,71
D9		9,15	1,39	5,80

TABLEAU : III RESULTATS DES MESURES ANTHROPOMETRIQUES DES SUJETS TEMOINS

MA			
SUJETS	Poids avant exercice(kg)	Age(années)	Taille(cm)
T ₁	80	24	192
T ₂	80	26	183
T ₃	69	23	186
T ₄	62	26	169
T ₅	72	26	180
T ₆	70	28	176
T ₇	73	22	178
Moyenne	72.29	25	180,57
Ecart-type	5.87	1,93	6,84

MA= Mesures Anthropométriques

**Tableau IV : RESULTATS DE LA PRESSION ARTERIELLE INITIALE (PA_i) ET
DE LA PRESSION ARTERIELLE APRES 3 MINUTES DE RECUPERATION (PA_f)
DES SUJETS DREPANOCYTAIRES**

PAS : PRESSION ARTERIELLE SYSTOLIQUE

PAD : PRESSION ARTERIELLE DIASTOLIQUE

PA _i et PA _f Après 3 Minutes Récupération	PA _i		PA _f	
	PAS (en mmhg)	PAD (en mmhg)	PAS (en mmhg)	PAD (en mmhg)
D1	130	80	170	90
D2	120	70	170	70
D3	110	70	160	70
D4	110	0	140	90
D5	100	70	140	90
D6	130	70	130	90
D7	120	80	160	70
MOYENNE	117,14	72,85	152,85	81,42
ECART-TYPE	11,3	4,88	16,04	10,69

Tableau V : RESULTATS DE LA PRESSION ARTERIELLE INITIALE (PA_i) ET DE LA PRESSION ARTERIELLE APRES 3 MINUTES DE RECUPERATION (PA_f) DES SUJETS TEMOINS « T »

PAS : PRESSION ARTERIELLE SYSTOLIQUE

PAD : PRESSION ARTERIELLE DIASTOLIQUE

PA _i et PA _f Après 3 minutes de récupération	PA _i		PA _f	
	PAS (en mmhg)	PAD (en mmhg)	PAS (en mmhg)	PAD (en mmhg)
T1	110	70	160	70
T2	120	70	140	90
T3	100	70	140	80
T4	110	60	150	80
T5	110	80	140	80
T6	100	70	170	80
T7	120	80	150	90
MOYENNE	110	71,43	150	81,42
ECART-TYPE	8,16	6,90	11,55	6,90

**Tableau VI RESULTATS DE LA PERTE DE POIDS DES SUJETS
DREPANOCYTAIRES « D »**

POIDS (kg)	POIDS AVANT EXERCICE	POIDS APRES EXERCICE	PERTE (kg)
D1	74	73	1
D2	78	77	1
D3	69	68	1
D4	74	73	1
D5	58	56	2
D6	91	89	2
D7	74	73	1
MOYENNE			1,29
ECART-TYPE			0,49

Tableau VII : RESULTATS DE LA PERTE DE POIDS DES SUJETS TEMOINS « T »

POIDS (kg)	POIDS AVANT EXERCICE	POIDS APRES EXERCICE	PERTE (kg)
T1	80	78	2
T2	80	79	1
T3	69	69	0
T4	62	61,5	0,5
T5	72	71	1
T6	70	68	2
T7	73	71,5	2,5
MOYENNE			1,29
ECART-TYPE			0,91

Tableau VIII : RESULTATS DE LA TEMPERATURE RECTALE ET DE LA TEMPERATURE CUTANEEAU REPOS DES SUJETS TEMOINS « T »

TEMPERATURE EN DEGRES CELSIUS (°C)	TEMPERATURE RECTALE (°C)	TEMPERATURE CUTANEE
T1	37,02	34,23
T2	37,12	31,80
T3	37,06	31,04
T4	37,26	34,38
T5	37,25	28,78
T6	37,13	33,45
T7	37,15	32,61
MOYENNE	37,15	32,61
ECART-TYPE	0,09	1,76

Tableau IX : RESULTATS DE LA TEMPERATURE RECTALE, DE LA TEMPERATURE CUTANEE AU REPOS DES SUJETS DREPANOCYTAIRES « D »

TEMPERATURE EN DEGRES CELSIUS (°C)	TEMPERATURE RECTALE (°C)	TEMPERATURE CUTANEE
D1	37,58	33,98
D2	37,50	32,92
D3	37,62	33,62
D4	36,98	32,60
D5	35,79	34,36
D6	37,57	31,49
D7	37,36	33,21
MOYENNE	37,2	33,21
ECART-TYPE	0,66	0,97

**Tableau X : RESULTATS DE LA FREQUENCE CARDIAQUE AU REPOS ET APRES
3 MINUTES DE RECUPERATION DES SUJETS DREPANOCYTAIRES**

FREQUENCE CARDIAQUE (FC) EN NOMBRE DE BAT/MIN	FREQUENCE CARDIAQUE (FC) DE REPOS	FREQUENCE CARDIAQUE (FC) APRES 3 M DE RECUPERATION
D1	76	92
D2	76	95
D3	80	88
D4	76	89
D5	72	108
D6	72	95
D7	84	88
MOYENNE	76,57	93,57
ECART-TYPE	4,28	7,04

Tableau XI : RESULTATS DE LA FREQUENCE CARDIAQUE AU REPOS ET**APRES 3 MINUTES DE RECUPERATION DES SUJETS TEMOINS « T »**

FREQUENCE CARDIAQUE (FC)EN NOMBRE DE BAT/MIN	FREQUENCE CARDIAQUE (FC) DE REPOS	FREQUENCE CARDIAQUE (FC) APRES 3 MIN DE RECUPERATION
T1	64	79
T2	60	88
T3	64	73
T4	64	79
T5	72	104
T6	76	88
T7	83	98
MOYENNE	69,14	87
ECART-TYPE	8,55	11,08

TABLEAU XII: RESULTATS LA CONSOMMATION D'OXYGENE DES SUJETS TEMOINS " T "

Paliers Sujets "T"	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂
T ₁	2,26	2,2	2,19	2,3	2,5	2,32	2,32	2,12	2,31	2,06	2,5	2,5
T ₂	4,6	5	4,4	4,6	4,8	4,66	4,66	4,66	4,2	4,2	3,8	3,26
T ₃	3,06	2,92	2,92	3,06	3,06	2,6	2,72	2,46	2,46	2,6	2,46	2,6
T ₄	2	2,46	2,66	2,06	2,46	2,06	2,06	2,26	2,06	2,32	2,66	2,26
T ₅	2,32	2,32	2,32	2,26	0,6	2,12	2,32	2,12	2,12	2,26	2,19	2,5
T ₆	1,99	2,1	2,12	2,32	2,26	2,12	2,12	2,32	2,06	2,12	2,12	3,2
T ₇	2,26	2,2	2,3	2,3	2,6	2,4	2,46	2,46	2,31	2,26	2,2	2,06
MOYENNE	2,64	2,74	2,69	2,7	2,82	2,61	2,67	2,63	2,5	2,55	2,56	2,5

TABLEAU XII: RESULTATS LA CONSOMMATION D'OXYGENE DES SUJETS DREPANOCYTAIRES "D"

Paliers Sujets "D"	P₁	P₂	P₃	P₄	P₅	P₆	P₇	P₈	P₉	P₁₀	P₁₁	P₁₂
D ₁	2,26	2,26	2,2	2,5	2,12	2	2,06	2,12	2,12	2	2,2	2,06
D ₂	2,26	2,31	2,12	2,09	2,46	2,3	2,12	2,26	2,5	2,46	2,46	2,5
D ₃	2	2,06	2,2	2,06	2,12	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2
D ₄	3,06	3,1	3,46	3,06	3,46	3,1	3,1	3,06	3,06	2,86	3,06	3
D ₅	3,4	2,31	2,3	2,32	2,32	2,31	2,3	2,26	2,1	2	1,99	1,99
D ₆	3,06	2,86	2,72	3,6	3,4	3,3	3,1	2,72	2,72	2,72	3,26	3,26
D ₇	2,66	2,86	3	2,88	2,66	2,52	2,8	2,66	2,66	2,66	2,66	2,46
MOYENNE	2,73	2,54	2,57	2,76	2,65	2,55	2,53	2,47	2,48	2,41	2,53	2,5

