

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



**INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR DE L'EDUCATION
POPULAIRE ET DU SPORT
(INSEPS)**

DEPARTEMENT DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET DU SPORT

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

(STAPS)

THEME :

**ECHAUFFEMENT ET NON
ECHAUFFEMENT EN RAPPORT AVEC
LA PERFORMANCE SUIVANT LES
FILIERES ENERGETIQUES.**

Présenté et soutenu par :

Monsieur Doudou SARR

Sous la co-direction de :

**Monsieur Seydou SANO et M. Assane FALL
Professeurs à l'INSEPS**

Année universitaire : 2004 - 2005

IN MEMORIUM

Mariama Sarr

Ma soeur

Abdou Khadre Mbodj

Mon promotionnaire

M. Moussa Gueye

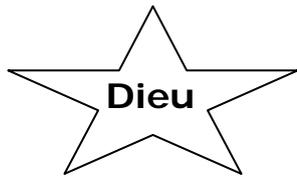
Mon professeur & encadreur

Mme Ndiaye née Aminata Diack

Professeur de psychologie

Que la terre vous soit légère. Amen.

DEDICACES



✚ A le tout puissant, le miséricordieux, Maître des cieux et des terres.

✚ A son prophète **Mouhamed** (PSL). Que votre lumière nous éclaire et nous guide dans le chemin de vos préférés ici bas et au-delà.

✚ A ma mère **Rose Ndong** : Je ne trouverai jamais assez de mots pour vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour nous. Vous êtes une mère exemplaire, toujours prête à vous sacrifier pour le bonheur de vos fils. Aujourd'hui ce travail n'est que le fruit de vos multiples sacrifices consentis. Que Dieu vous prête longue vie et santé de fer.

✚ A mon père **Magatte Sarr** : Vous avez toujours bien œuvré pour faire de nous des enfants dignes et bien éduqués. Durant toutes mes études vous n'avez cessé de me soutenir tant moralement et financièrement.

✚ A mon oncle Etienne Ndong et sa femme Maty Diop pour tout leur soutien moral, affectif et financier.

✚ A mes oncles Joachim, Paul et Philippe Ndong.

✚ A Amadou Sarr, Anta Sarr, Awa Sarr, Modou, Sokhna kante, Maimouna Dia, Aida ndiaye.

✚ Ames frères Pape Sarr, Amdy, Sidaty, Elimane, Adama, Modou, Issa.

✚ A mes sœurs Ndack, Sanou, Anta, Gnagna, Soda, Awa, Amy, Fatou.

✚ A mes femmes Awa Sy, Khady Dieng, Diegue Diouf, Ndéye Diamé

✚ A mes cousins et cousines Mariène Fall, Saliou Mané

- ✚ A mes amis d'enfance de Joal Fadiouth : Mohamadou Gueye, Amar Seck, Serigne Dioum, Babacar Seck, Baba Galé, Ass Diakhaté, Minguou, Sadibou Bâ, Tapha Ndoye, Cheikh Fall, Dominique Sarr, Ibou Niane, Maramé Ndione, Adama, Abdou Diop, Diakha Séye, Diop Séne, Fine.
- ✚ A tous mes filles et fils, nièce et neveux.
- ✚ A toute la population de Joal Fadiouth.
- ✚ A tous les insepiciens : professeurs, personnels, étudiants
- ✚ A mes amis : Pape Moussa Sané, Mohamadou Gueye, Djiby Diéye, Cheikh Fall, Atabou Coly, Pascal Séne, Ngor Niakh, Florence Correa et tout le reste de la promotion.
- ✚ A mes voisins de campus : Malick, Modou Bada, Djiby, Daouda, Nabou Yade, Khady Ndiaye, Néné Diaw, Beauté, Zeyna, Doussouba, Amy Dramé, Khary Gaye, Pape Seck, Ibou Laye, Ndongo, Zale, Tapha, Maguette, Sokhna.famara, INSA, khady Niane
- ✚ A Ndéye Aissatou Sall et sa famille
- ✚ Mention à Fabrice Zale, Thierno Diouf, Waly Goudiaby
- ✚ Mention spéciale aux étudiants de la première, deuxième et troisième année
- ✚ Dédicace à Anne Marie Ndong, Agnès Diouf, Rose, Michou, Anne, Thérèse, Nicole, Etienne, Barro, Alphonse, Emilie, Collette.
- ✚ A mon grand frère Papis Diack, Khadim Mboup, Prospère Thiaré, Augustin, Madou Ndiaye, Doudou Ndiaye.
- ✚ A tous les joueurs et dirigeants de Mama Guedj commune.
- ✚ Aux familles Sarr, Ndong, Fall, Samb, Gaye, Niang, Diouf.
K. SOCK, ousin DIOP, Pape KA, Pape BA (indo).

REMERCIEMENTS

Je profite de ce modeste travail pour remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ma formation.

Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit de :

- ✚ M. **Seydou Sano** d'avoir accepté de guider mes premiers pas dans la recherche. Vous m'avez tendu la perche là où j'en avais vraiment besoin.
 - ✚ M. **Assane Fall** de par sa rigueur scientifique et sa disponibilité sans faille.
 - ✚ Ma tante Ndéye Marie Diène secrétaire à **l'INSEPS** pour tout le soutien affectif.
 - ✚ M. Abdou Karim Thioune, Birane Cissé Thiam, Amadou Séye pour leurs conseils précieux.
 - ✚ Tous les professeurs de l'INSEPS.
 - ✚ Mme Anastasie Thiaw et Grégoire Diatta de la bibliothèque
 - ✚ M. Ousmane Niang responsable du matériel
 - ✚ M. Badji et M. Faye athlétisme pour leur compréhension
 - ✚ Ibrahima Sarr, Robert Faye, frère Léopold Sarr, Yaly Diakhaté, Cheikh Dione, tous professeurs d'EPS d'avoir guidé mes premiers pas dans le sport
 - ✚ Tous les étudiants qui ont participé au test.
 - ✚ M. Mbargou Faye infirmier à l'INSEPS pour son soutien et sa disponibilité.
- Marguerite Badji pour sa contribution dans ce travail.

SOMMAIRE

N°	Chapitres / Sous chapitres	Pages
–	I n t r o d u c t i o n	1
–	Revue de littérature	3
I	Rappel physiologique	3
I.1)	L'échauffement	3
I.1.1)	Définition et généralités	3
I.1.2)	Effet de l'échauffement sur la musculature	3
I. 1. 2. 1)	Diminution de la viscosité musculaire	3
I. 1. 2. 2)	Amélioration des processus neuromusculaires	4
I. 1. 3)	Modalité de l'échauffement	4
I. 1. 3. 1)	L'échauffement général	5
I. 1. 3. 2)	L'échauffement spécifique	5
I. 1. 3. 3)	Effets de l'échauffement général actif	5
I. 1. 3. 4)	Effets de l'échauffement spécifique actif	7
I. 2)	L'énergie	8
I. 2.1)	Définition et généralités	8
I. 2. 2)	Formes d'utilisation de l'énergie par l'organisme	9
I. 2. 2. 1)	La glycolyse anaérobie	10
I. 2. 2. 2)	La glycolyse aérobie	11
I. 3)	Le muscle	13

I. 3.1)	Composition du muscle	13
I. 3.2)	Structure du muscle	14
I. 3.3)	Les différents types de fibres	16
I. 3.3.1)	Les fibres I	16
I. 3.3.2)	Les fibres II	16
I. 4)	La part de l'énergie dans les facteurs de détermination de la performance	18
I. 4.1)	L'endurance	18
I. 4.2)	La vitesse	19
I. 4.3)	La force	20
I. 4.4)	La puissance	21
II.)	méthodologie	22
II. 1)	Echantillonnage, matériels et méthodes	22
II. 1.1)	Caractéristiques de la population	22
II. 1.2)	Niveau d'entraînement	22
II. 2)	Présentation et description des tests	23
II.2.1)	Test de Sargent	23
II.2.2)	Test de Cooper	24
II. 2.3)	Test de vitesse sur 60 mètres	25
II. 2.4)	Test de Thomson sur 300 mètres	26
II. 2.5)	Test de puissance anaérobie de Wingate	26
II. 3)	Présentation du modèle d'échauffement	27
II. 3.1)	Echauffement général	27

II. 3.2)	Echauffement spécifique	27
II. 3.3)	Etirement musculaire	29
III.)	Présentation des résultats	31
III. 1)	Caractéristiques biométriques	31
III. 2)	Résultats du test de vitesse sur 60 mètres	32
III. 3)	Résultats du test de Sargent	33
III. 4)	Résultats du test de Wingate	34
III. 5)	Résultats du test de Thomson sur 300 mètres	35
III. 6)	Résultats du test de Cooper	36
IV.)	Analyses et interprétations	37
V.)	Intérêts, limites et perspectives	42
V. 1)	intérêts	42
V. 2)	Limites et perspectives	43
	Résumé et conclusion	44

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1**: caractéristiques de la population étudiée.....p 22
- Tableau 2** : caractéristiques biométriques (âge et poids).....p 31
- Tableau 3** : résultats du test de vitesse sur 60 mètres.....p 32
- Tableau4** : résultats du test de Sargent.....p 33
- Tableau 5** : résultats du test de Wingate sur bicyclette.....p 34
- Tableau 6** : résultats du test de Thomson sur 300 mètres.....p 35
- Tableau 7** : résultats du test de Cooper.....p 36

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

L'observation des séances d'entraînement ou de compétition a permis de constater un certain fait. L'analyse de ce fait permet de voir qu'avant les séances d'entraînement ou de compétition les athlètes s'adonnent à des activités préparatoires encore appelées échauffement ou mise en train. Ces dites activités à caractère rituel poussent notre curiosité à s'interroger sur le fondement de cela. En d'autres termes est ce que ces activités préparatoires ont une influence sur la performance dans l'activité dominante ?

Ainsi pour apporter une lumière à cette interrogation, nous allons étudier le concept d'activité préparatoire. Ensuite nous allons voir le concept de performance. Et enfin le lien qui pourrait exister entre l'activité préparatoire et la performance.

Notre travail va porter sur des étudiants de l'INSEPS. Leur âge est compris entre 20 et 26 ans et est en moyenne de 24 ans. Nous procéderons à des mesures répétées qui seront réalisées en rapport avec les trois filières énergétiques :

- ✚ Le système anaérobie alactique avec deux tests de terrain : le test de Sargent et la vitesse sur 60m.
- ✚ Le système anaérobie lactique avec un test de laboratoire sur bicyclette ergométrique (test de Wingate-1977) et un test de terrain sur 300m (test de Thomson-1981).
- ✚ Le système aérobie avec un test de terrain sur piste en douze (12) minutes (test de COOPER).

Ces épreuves seront réalisées d'abord sans échauffement ensuite avec échauffement. Nous présenterons au premier chapitre un rappel de la littérature portant sur l'échauffement et la performance. Au second

chapitre nous ferons la présentation et la description du matériel et des méthodes expérimentales. Aux troisième et quatrième chapitres nous ferons respectivement la présentation et la discussion des résultats et enfin la conclusion générale.

Revue de littérature

I.] Rappel physiologique

I. 1] L'échauffement

I. 1. 1] Définition et généralités

L'échauffement est une préparation à l'effort, aussi bien physique que psychologique. Il prépare l'organisme à la montée en puissance des mécanismes énergétiques (fréquence cardiaque, consommation d'oxygène) et aux sollicitations mécaniques du sport envisagé (préparation musculotendineuse).

I. 1. 2] Effet de l'échauffement sur la musculature

I. 1. 2. 1] Diminution de la viscosité musculaire

Une élévation de l'irrigation sanguine et de la chaleur induite par le travail musculaire pendant l'échauffement augmente la température dans les muscles et dans l'ensemble de l'organisme. Selon Stoboy (1972 ; p.31) quinze (15) à vingt (20) minutes de course relativement lente augmente la température à 38°5c. Cette élévation de température provoque une diminution de la viscosité, c'est-à-dire des frottements internes de la musculature et améliore du même coup l'élasticité des muscles, des tendons et des ligaments. Par la même occasion les risques de claquage sont diminués.

L'importance de l'échauffement pour la prévention des blessures dans tous les sports de force maximale ou dans lesquels la force explosive est la qualité majeure, tient à des considérations biomécaniques. L'augmentation de l'élasticité et la diminution des risques de déchirure de la musculature favorisent la possibilité de performance. Il est évident qu'un muscle préalablement mieux étiré engendre une force et une vitesse de

contraction plus grande, ce qui est très important dans les disciplines de force explosive.

I. 1. 2. 2] Amélioration des processus neuromusculaires

L'échauffement diminue la viscosité et augmente l'élasticité du muscle, ce qui améliore parallèlement la coopération neuromusculaire et la coordination motrice, et par la même occasion réduit les besoins de substrats énergétiques et la fatigue.

L'amélioration de la capacité de relâchement des muscles à l'effort favorise aussi la performance, ce qui est d'une grande importance. De plus l'augmentation de la température musculaire accroît le rendement de la vitesse du système nerveux et de la sensibilité des récepteurs proprioceptifs.

I. 1. 3] Modalité de l'échauffement

Il existe deux types d'échauffements : l'échauffement passif et l'échauffement actif.

L'échauffement passif :

Par échauffement passif, on entend l'augmentation de la température par un moyen extérieur (massage, pommade chauffante, bain chaud). Le problème de ces méthodes est que le sportif pense être bien préparé et donc prêt, alors que ce n'est pas le cas .En effet, elles n'échauffent que superficiellement. Ces techniques ne peuvent être utilisées que comme supplément avant un échauffement. Elles ne peuvent en aucun cas remplacer celui-ci.

L'échauffement actif :

Il consiste à mettre en place des exercices dynamiques d'intensité modérée visant à augmenter la température du noyau central et à activer tous les systèmes mis en jeu dans la discipline. Le footing et autres étirements et relâchements sont les principaux exercices dynamiques que l'on peut retrouver dans l'échauffement actif qu'il soit général ou spécifique.

I. 1. 3.1] L'échauffement général

Il est axé sur la mobilisation des grands groupes musculaires et du système cardio-respiratoire par des exercices globaux comme la course. Nous distinguons trois parties dans l'échauffement général qui sont :

-  L'échauffement par la course pour augmenter les rythmes cardiaques et respiratoires,

-  L'échauffement articulaire ou échauffement des articulations concernées par l'activité en leur imprimant des mouvements de rotation, par exemple augmenter l'amplitude des articulations et leur degré de liberté

-  L'échauffement musculaire (étirement assouplissement) pour augmenter la flexibilité et lutter contre les blessures.

I. 1. 3. 2] L'échauffement spécifique

Il est axé sur la mobilisation des muscles directement impliqués dans la discipline par des exercices spécifiques.

En toute logique l'échauffement général précède l'échauffement spécifique.

I. 1. 3. 3] Effets de l'échauffement général actif

L'essentiel de l'échauffement général actif, par exemple sous forme de course d'échauffement réside dans l'élévation de température du noyau central et des muscles avec une mise en marche et une préparation du système cardio-pulmonaire à l'effort qui va être fourni pendant une course d'échauffement. Ce travail des grands groupes musculaires provoque un fort accroissement de dégagement de chaleur. D'après Stoby (1972, 31), une petite course de quinze à vingt minutes élève la température à 38°5Celsius. Cette élévation générale de température joue un rôle décisif pour toute une série de paramètres organismiques de la performance (Cf. Israël, 1977,387).

Une fois la température optimale atteinte, toutes les réactions physiologiques qui déterminent la capacité de performance motrice interviennent avec le degré d'efficacité (Cf. Israël, 1977,387).

La vitesse de déroulement des processus du métabolisme augmente en fonction de la règle RVT (Reaction-Vitesse-Temperature). Pour une élévation de température de 1°Celsius, l'activation du métabolisme est de 13% (Lullies, 1973,372). L'intensification de la circulation sanguine dans les tissus pendant le travail d'échauffement actif provient avant tout de la vasodilatation des capillaires, de sorte que l'approvisionnement en substrats énergétiques et en oxygène accélère les processus métaboliques, parallèlement à la circulation sanguine, l'augmentation de l'activité enzymatique des processus anaérobie et aérobie dans les cellules musculaires.

Ces changements sont déterminants. Si l'on considère que l'exercice demande une capacité de métabolisme de 20 (course de fond) à 200 fois (sprint) plus grande que la valeur de repos, l'échauffement joue un rôle très important dans l'amélioration de la perception sensorielle et par conséquent dans la capacité de coordination (Cf. Eldred, Hemingway et Kawamura, 1963). L'élévation de la température du corps contribue aussi à la prévention des lésions. Le travail général d'échauffement actif provoque

une réduction des résistances élastiques et visqueuses (provenant de frottements internes). L'échauffement général augmente la tolérance de charge des articulations. L'échauffement augmente la production de liquide synovial de telle sorte que les cartilages de l'articulation s'imprègnent de liquide, augmentent d'épaisseur ; ce qui permet une meilleure résistance aux chocs ou effets de détraction extérieure.

I. 1. 3. 4] Effets de l'échauffement spécifique actif

L'échauffement actif spécifique doit intervenir à la suite de l'échauffement actif général pour l'élargir en le diversifiant et en le spécifiant.

Dans les disciplines de coordination, c'est la répétition des mouvements techniques propres à chaque discipline qui s'inscrit au premier plan. L'échauffement préparatoire à la gymnastique ou à la course, consiste à « rafraîchir » les automatismes moteurs pour les adapter aux circulations concrètes de la situation. Cette séquence prend en considération la particularité des appareils, des lieux ou des conditions climatiques. Pour renforcer le jeu optimal des réflexes dans le déroulement du geste technique d'une discipline sportive, au cours d'un échauffement spécifique, il faut veiller à ce que les exercices d'échauffement ressemblent ou répondent du point de vue de leur structure dynamique et cinétique aux exercices auxquels l'échauffement prépare (Cf. Kuntoff, Darwich, 1975,5). L'échauffement spécifique comporte également un programme spécifique de gymnastique (étirement et relaxation) destiné à la prévention spécifique des accidents les plus fréquents dans la discipline en question par l'étirement optimal des muscles en travail. L'échauffement spécifique assure également une redistribution du volume sanguin, dirigé vers les muscles spécifiquement mis en œuvre, aux dépens de ces réservoirs sanguins qui sont les organes de la chaîne estomac-intestin. Les muscles qui travaillent sont ainsi mieux irrigués ; ils vont être approvisionnés en oxygène et en substrats énergétiques et atteindre une

température optimale de travail. Ce dernier point est important dans la mesure où une élévation de température centrale ne signifie pas forcément une augmentation de la température musculaire. Cette dernière augmente avec un certain retard par rapport à celle du corps.

La température du centre du corps et celle musculaire diffèrent considérablement à l'état de repos. La température des extrémités peut être inférieure à 5°Celsius et plus à la température du corps, cette température des extrémités, elle-même ne diminuant pas seulement de l'intérieur vers l'extérieur, mais de l'élément proximal à l'élément distal, de sorte qu'il n'y a pas seulement un écart de température axial, mais aussi un écart radial. L'élévation de la température du corps en échauffement actif général soutient, accélère et stabilise l'échauffement spécifique, mais elle peut en tenir lieu. On peut le constater sur l'exemple de la vascularisation des doigts.

Remarque : L'échauffement général et l'échauffement spécifique peuvent être facilités par le port d'une tenue appropriée (survêtement, gant, etc. ...).

I. 2] L'énergie

I. 2.1] Définition et généralités

L'énergie est définie comme étant la capacité d'un corps à fournir du travail. Le travail quant à lui est défini comme l'application d'une force sur une distance. Donc l'énergie et le travail sont inséparables.

L'énergie est la base de toute action : c'est grâce à elle que l'homme respire, digère les aliments qu'il mange. C'est aussi grâce à elle que l'homme se déplace, fournit des efforts physiques, etc. Mais d'où provient cette énergie ? L'énergie est le produit de la dégradation des aliments que nous mangeons en combinaison avec l'oxygène (O₂) inhalé. En effet nos aliments sont spécialement constitués d'éléments chimiques classés en

trois grands groupes essentiels (glucide (G), lipide (L) et protide (P) qu'on appelle encore nutriments.

Ces éléments chimiques contenus dans nos aliments renferment donc de l'énergie potentielle qui vient du soleil. Les plantes vertes captent l'énergie solaire et la transforment en énergie chimique. Elles l'utilisent pour former des molécules organiques à partir du dioxyde de carbone (CO_2), de l'eau (H_2O) et de l'azote (N). Ce phénomène est appelé photosynthèse.

L'homme à son tour, en ingérant les plantes et les produits animaliers assure à l'organisme un apport d'énergie potentielle.

Donc, l'énergie est réellement fournie par un processus de combustion. Ainsi l'organisme humain comme la voiture consomme des carburants : ce sont les nutriments et l'oxygène. Ces composants combinent pour produire de l'énergie dont l'organisme a besoin pour assurer tous les mécanismes physiologiques à la base de la vie.

Ainsi on peut dire que sur le plan énergétique, le phénomène de la vie se résume à une transformation d'énergie. Il s'agit de la transformation de l'énergie chimique des aliments en différentes formes d'énergie que sont :

- ✚ L'énergie mécanique
- ✚ L'énergie calorifique
- ✚ L'énergie chimique
- ✚ L'énergie électrique

I. 2. 2] Les formes d'utilisation de l'énergie par l'organisme

L'énergie mécanique nécessaire à l'accomplissement d'un travail musculaire est utilisée par l'organisme sous deux conditions :

- ✚ En non aisance respiratoire

✚ En parfaite aisance respiratoire

I. 2. 2. 1] Glycolyse anaérobie

En condition de non aisance respiratoire, l'organisme utilise les ressources naturelles d'énergie pour satisfaire les besoins de l'effort ; et ceci pour l'utilisation de l'oxygène inhalé. Ces réserves sont l'adénosine triphosphate (ATP) et la créatine phosphate (CP). Dans ce cas on parle de glycolyse anaérobie qui est la dégradation métabolique du glucose en absence d'O₂ inhalé.

Ainsi à chaque fois qu'une molécule de glucose est dégradée dans ce processus de glycolyse, quatre molécules d'ATP sont formées. Toutefois deux molécules d'ATP sont brûlées pour le déroulement de la glycolyse. Ceci donne un bilan net de deux ATP.

Donc cette filière anaérobie ne fournit pas beaucoup d'énergie. C'est la puissance anaérobie qui est sollicitée. Elle constitue la quantité de travail qu'un individu est capable de fournir pendant un délai de temps compris environ entre zéro et une minute au maximum. La filière anaérobie est réalisée en utilisant deux voies :

✚ La voie anaérobie alactique (VAA) (sans formation d'acide lactique) : elle est appelée aussi système des phosphagènes. Elle constitue la source la plus rapide de production d'ATP pour le muscle. Cela s'explique par les faits suivants :

- Ce système ne dépend pas d'une longue série de réactions.
- Il ne dépend pas du transfert de l'oxygène vers les muscles actifs.
- La créatine phosphate (CP) et l'ATP sont emmagasinés directement dans le système contractile des muscles.
- Sa durée maximale est de 20 secondes.

- Les facteurs limitants ce système sont l'épuisement du stock d'ATP et de CP

La voie anaérobie lactique (VAL) (avec formation d'acide lactique) : C'est la voie par laquelle l'ATP est synthétisée dans le muscle, c'est-à-dire que ce système met en jeu une dégradation partielle de glucides en acides lactiques ; d'où l'expression « système de l'acide lactique ». L'acide lactique est le produit final de la glycolyse anaérobie. Du point de vue biochimique, la glycolyse anaérobie alactique se réalise en passant par douze séries de transformations. Elle a été découverte au cours des années 1930 par deux allemands Gustav Emden et Ottop Meyerhoff. Sa durée maximale est d'une minute quarante cinq secondes.

Les facteurs limitant ce système sont la fatigue due à la présence de l'acide lactique. Mais aussi à l'incapacité de l'organisme à recycler ce produit de la glycolyse anaérobie (l'acide lactique), due à l'absence d'oxygène.

I. 2. 2. 2] Glycolyse aérobie

Pour la deuxième forme d'utilisation de l'énergie mécanique, c'est à dire en parfaite aisance respiratoire, l'organisme utilise de l'oxygène pour satisfaire les besoins en énergie durant l'effort physique. On parle alors de glycolyse aérobie.

La particularité de ce système aérobie est l'abondance d'énergie fournie. Ici la dégradation d'une molécule de glycose donne trente six molécules d'ATP. C'est la puissance maximale aérobie qui est sollicitée. Elle est définie comme le coût du métabolisme aérobie le plus élevé qu'on puisse parvenir durant un exercice dynamique, rythmique sollicitant de grandes masses musculaires. L'autre particularité de ce système aérobie (SA) est la production de l'acide pyrique.

Le pyruvate formé lors de la glycolyse anaérobie va rentrer dans le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire après avoir été convertie en acétate pour fournir une quantité d'ATP plus importante.

Donc cette production d'énergie met en jeu de nombreuses réactions chimiques contrôlées par de nombreuses enzymes. Ainsi les réactions du métabolisme énergétique aérobie s'effectuent dans une cellule appelée mitochondrie. La mitochondrie possède une double membrane qui forme une série de replis internes appelés crêtes. Ces crêtes portent les enzymes impliquées dans le métabolisme aérobie. Il s'agit du nicotinamide adénine dinucléotide (NAD) et de flavine adénine dinucléotide (FAD). Ainsi les diverses réactions du métabolisme aérobie peuvent se diviser en trois séries distinctes :

- ✚ La glycolyse aérobie

- ✚ Le cycle de Krebs

Le cycle de l'acide citrique, (cycle de Krebs ou cycle des acides tricarboxyliques) est appelé ainsi en hommage à Sir Thomas Krebs qui l'a découvert en 1940 d'une part et d'autre part pour les noms de deux dérivés de certains composés chimiques qu'on y trouve.

Il comporte une séquence de réactions qui se déroule dans les mitochondries. La principale fonction du cycle de Krebs est son rôle de voie terminale commune de dégradation des glucides, lipides, protides qui sont tous métabolisés en acétyl coa. Durant leur oxydation dans le cycle de l'acide citrique, des équivalents réducteurs sous forme respiratoire où de grande quantité de phosphate à haute énergie sont générées par le processus de phosphorylation oxydative.

- ✚ Le système de transport des électrons

Les atomes d'hydrogène sont enlevés aux intermédiaires réactionnels du cycle de Krebs. Ils sont transportés par des coenzymes nicotinamides

adénine dinucléotide (NAD) et flavine adénine dinucléotide (FAD), pour être cédés à des atomes d'oxygène provenant des poumons pour former l'eau.

Au cours du transport des électrons dans la chaîne respiratoire, une certaine quantité d'énergie est libérée et de l'ATP est resynthétisé par le biais des relations couplées. Ainsi pour chaque paire d'électrons transportée le long de la chaîne une quantité suffisante d'énergie se libère pour assurer la synthèse de trois moles d'ATP en moyenne. Au total douze paires d'électrons sont libérées à partir du métabolisme d'une mole de glucose. Par conséquent, trente six (36) moles d'ATP sont produites.

Ainsi au cours du métabolisme aérobie, la majeure partie des trente neuf (39) moles d'ATP est resynthétisée au niveau de la chaîne respiratoire et en même temps de l'eau (H₂O) se forme.

I. 3] Physiologie du muscle

Le muscle représente chez l'homme une masse relativement importante, environ 40% du poids corporel, soit trente (30) Kg chez un sujet de 75 Kg. La fonction essentielle de la cellule musculaire est de générer une force et de provoquer le mouvement. La plupart des muscles squelettiques sont, comme l'indique leur nom, fixés aux os et leur contraction cause le déplacement.

I. 3. 1] Composition du muscle

Le muscle est constitué de trois composantes que Hill a modélisé comme suit :

1. le mécanisme contractile des myofibrilles
2. les éléments élastiques en série :
 - ✚ les ponts réunissant les filaments de myosine et d'actine
 - ✚ les stries Z

✚ les tendons

3. les éléments élastiques en parallèle qui sont des formations périphériques

✚ le sarcolemme entourant la cellule musculaire

✚ le périmysium

✚ les enveloppes fibreuses et les aponévroses

Du point de vue chimique le muscle renferme également de l'eau et des électrolytes, des protides, des glucides des lipides et des composées organiques telles que l'Adénosine Triphosphate et la phosphocréatine.

I. 3. 2] Structure du muscle

L'unité structurale du muscle est la fibre musculaire ou cellule musculaire. La fibre est de forme cylindrique et possède des extrémités effilées. Elle peut avoir 1 mm à 1 cm de longueur et un diamètre de 10 à 100 microns suivant la taille du muscle.

L'examen d'une fibre musculaire au microscope montre une alternance dans le sens longitudinal de bandes anisotropes ou bande A et de bandes isotropes ou bande I. Les bandes I sont traversées en leur milieu par une ligne plus sombre, la ligne Z. Les bandes I sont constituées essentiellement de filaments d'actine, tandis que les bandes A sont formées de filaments de myosine alternant avec des filaments

d'actine. La bande sombre a en son milieu une bande plus claire ou bande H. Cette bande est formée de filaments plus épais.

Le sarcomère est constitué par l'ensemble formé d'une bande claire et d'une bande sombre. Il est délimité par deux lignes Z.

1. 3. 3] Les différents types de fibres

La couleur des muscles de l'appareil locomoteur est variable : certains muscles sont pâles alors que d'autres sont pigmentés et sombres. Cette distinction vaut également pour les fibres musculaires. On distingue ainsi :

I. 3.3.1] Les fibres de type I (fibres rouges, fibres lentes)

Ces fibres sont de diamètre moyen, elles sont riches en sarcoplasme et moins riches en myofibrilles ; d'où leur forte coloration rouge. Leur métabolisme est oxydatif. Elles sont riches en glycogène et en triglycéride, contiennent des mitochondries épaisses et nombreuses. Ces fibres sont entourées par un riche réseau capillaire ; d'où la facile diffusion de l'oxygène. Ce réseau peut atteindre 200km pour 100g de muscle et chaque fibre est en contact avec 6 à 8 capillaires.

La stimulation des fibres I donne une contraction lente et d'amplitude réduite. Ces fibres sont peu fatigables, très résistantes et sont sollicitées lors des exercices prolongés. Elles sont développées chez les sujets pratiquant des exercices de longue durée.

I. 3.3.2] Les fibres II (fibres blanches, fibres rapides)

Comparés aux fibres I, elles contiennent plus de myofibrilles par cm² de section. Leur sarcoplasme est moins abondant mais le réticulum y est développé.

Les fibres II contiennent autant de glycogène que les fibres I, mais sont dépourvues de triglycérides. Elles ont un métabolisme à prédominance glycolytique, des mitochondries peu abondantes et les capillaires sanguins sont peu développés. Les fibres II ont un gros diamètre et leur recrutement est précédé par celui des fibres I au cours de contraction d'intensité croissante. Lorsqu'elles sont activées, les fibres II donnent une réponse rapide, une tension élevée, mais sont plus rapidement fatigables.

Elles sont adaptées aux exercices brefs et intenses et sont mises en jeu dans les activités de courte durée.

Cependant on distingue au niveau de ces fibres :

1. Les fibres II b

Elles ont un plus petit diamètre que les fibres I. Elles répondent le mieux à la description générale des fibres II : activité oxydative très faible, activité glycolytique largement prédominante, durée d'activité très réduite. Leur mise en jeu correspond à une salve de fréquence élevée.

2. Les fibres II a

Leur diamètre est plus grand que celui des fibres I et II b. Les fibres 2a contiennent aussi de nombreuses mitochondries fixant l'oxygène. Elles sont au contact d'un plus grand nombre de capillaires. Elles ont un potentiel oxydatif plus élevé que celui des fibres II b, et un potentiel glycolytique plus élevé que celui des fibres I. La tension qu'elles développent est moindre que celle des fibres II b, mais elles sont relativement plus résistantes à la fatigue que ces dernières.

Plusieurs formes ont été mises en évidence. Elles témoignent du fait que le patrimoine musculaire n'est pas immuable et que la distribution de fibres peut varier suivant les conditions d'entraînement et de désentraînement.

I. 4] La part de l'énergie dans les facteurs de détermination de la performance

La performance est en effet présente dans toutes les activités sportives. Sa signification prend des formes variées en fonction de la diversité des sports. La performance peut se traduire par le résultat obtenu à la fin d'une épreuve ou d'une partie.

Dans la plupart des sports, les besoins énergétiques requièrent une grande utilisation de deux systèmes de production d'énergie, ou une contribution de trois systèmes même.

En effet la performance résulte d'une pluralité de facteurs tels que : la technique, la tactique, l'accompagnement psycho sociologique et les qualités physiques. Ces dernières nous intéressent et on peut noter parmi elles, la vitesse, la force, la puissance, la coordination et l'endurance. Leur étude permet à l'entraîneur ou à l'intervenant de mieux comprendre les trois systèmes de production d'énergie et leur nécessité à la réalisation d'un niveau optimal.

I. 4. 1] L'endurance

L'endurance est définie comme étant la faculté d'effectuer pendant longtemps une activité d'intensité déterminée sans baisse de son efficacité. C'est encore la faculté de résister à la fatigue (Zatziorski, 1967). Mais ces définitions ne sont plus opérationnelles. Elles généralisent la notion.

Cependant il faut noter que l'endurance est toujours en rapport soit avec le système anaérobie, soit avec le système aérobie. Elle est en relation avec la puissance aérobie maximale (VO_2 max) ou anaérobie mais également la force développée suite à une répétition maximale (RM). Donc l'endurance peut être définie comme la part ou la plus grande fraction de la puissance anaérobie maximale, ou aérobie qu'on peut maintenir le plus longtemps possible. Elle est une valeur relative et dépend des sujets et de la durée de l'exercice.

Ainsi sous l'option dans laquelle on se place, l'endurance se subdivise en différentes formes :

- ✚ Sous l'angle de la participation de la musculation, on distingue l'endurance générale et l'endurance locale

- ✚ Sous l'angle de la discipline, on a l'endurance générale et l'endurance spécifique
- ✚ Sous l'angle de la durée, on distingue l'endurance courte, moyenne et longue durée.
- ✚ Enfin en fonction des différentes formes de sollicitations motrices, on distingue l'endurance force, l'endurance-force-vitesse, l'endurance vitesse. Ces trois formes constituent l'endurance musculaire.

I. 4. 2] La vitesse

D'une manière générale, la vitesse est définie comme la faculté d'exécuter des actions rapides dans une courte période sans provoquer de fatigue (Michel PRADET).

Cette définition de la vitesse semble plus ou moins imprécise dans la mesure où elle ne ressort pas les spécificités de la notion. Autrement dit si on parle de vitesse, c'est par rapport à un stimulus, un signal sensoriel, visuel ou auditif. Le sujet réagit avec la plus grande intensité possible dans une courte durée de zéro à dix secondes. Donc suite à ces considérations on peut définir la vitesse comme la faculté qu'à l'appareil neuro musculaire de déployer la puissance maximale par rapport à un stimulus et en un temps bref.

Du point de vue énergétique, la vitesse nécessite une forte mobilisation d'énergie dans son exécution. Elle sollicite en particulier le système aérobie alactique (SAA), ou le système des phosphagènes qui rappelle le a pour carburant l'ATP – CP. Elle est l'une des principales formes de sollicitations motrices et fait partie à la fois des capacités de la condition physique (endurance-force) et des capacités de la coordination.

I. 4. 3] La force

En tant que propriété humaine, la force est la faculté que l'homme a de vaincre une résistance extérieure ou d'y résister grâce à la contraction musculaire. La force ne se manifeste jamais dans les différents sports sous une forme abstraite, mais à travers une combinaison plus ou moins nuancée des facteurs physiques qui conditionnent la performance. C'est ainsi qu'on distingue trois principales formes de la force :

- ✚ La force maximale qui est le maximum de force que puisse déployer le système neuro musculaire pour une contraction maximale volontaire.
- ✚ La force d'endurance qui traduit apparemment la dominante « force » dans un processus d'endurance.
- ✚ La force vitesse qui désigne la capacité qu'a le système neuro musculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible. (Hane, 1976, 124 : Frey 1977, 343).

Du point de vue énergétique ce sont les composés de phosphates riches en énergie (ATP-CP) qui jouent un rôle décisif dans le développement de la force puisque le temps durant lequel la force se réalise est de l'ordre de quelques secondes. Ainsi vu ses modalités et manifestations (force maximale, force endurance, force vitesse), la force constitue dans presque tous les sports un facteur plus ou moins important dans la détermination de la performance.

I. 4. 4] La puissance

Nous pouvons la définir comme la faculté d'exécuter des actions motrices avec une intensité maximum, c'est-à-dire à la fois avec la force mais aussi avec la plus grande vitesse possible (puissance = force x vitesse). On l'appelle aussi force explosive ou détente. En fait la détente dépend essentiellement de la force et de la vitesse de contraction. Elle est aussi la conséquence d'une bonne élasticité musculaire. Dans les

mouvements mono articulaires simples (flexion ou extension du coude), la relation prend en compte la vitesse et la force initiale du mouvement dont la durée ne dépasse pas une ou deux secondes. Il n'en est pas de même dans les mouvements complexes, poly articulaires et cycliques tels ceux réalisés sur bicyclette. Dans ce cas l'activité peut être prolongée à une puissance élevée pendant plusieurs secondes. La puissance maximale n'est alors atteinte que pour des vitesses correspondant à la moitié de la vitesse maximale, vitesses observées lorsque la résistance opposée aux muscles est nulle.

II.] Méthodologie

II. 1] Echantillonnage, Matériel et méthode

II. 1. 1] Caractéristiques de la population

La population d'étude est composée d'étudiants de l'INSEPS. Ils sont de sexe masculin et sont répartis dans trois promotions que sont : la première, la deuxième et la troisième année.

Tableau 1 : **caractéristiques de la population étudiée**

Promotion \ Caractéristiques	P1	P2	P3
Age (années)	23,76	24,44	25,66
Poids (Kg)	68,94	71,94	67,66
Effectifs	17	09	03
Effectif total	29		

II. 1.2] Niveau d'entraînement

Tous les étudiants suivent régulièrement les cours à l'INSEPS et la majorité d'entre eux pratique des activités physiques en dehors des heures de cours. Ce sont des gens qui ont un niveau de condition physique acceptable.

Afin d'assurer une meilleure stabilité, au niveau de l'administration, des tests et de la collecte des données, un seul évaluateur et un seul superviseur sont employés pour toute la durée de l'étude.

L'expérimentation s'est déroulée dans le laboratoire de l'INSEPS, dans la salle de combat et sur la piste d'athlétisme du stade Iba Mar DIOP entre 8 heures et 12 heures. Le délai de récupération entre les exercices est de 24 heures soit en moyenne une épreuve par jour.

II. 2] Présentation et description des tests

Les tests choisis présentent préalablement des imperfections. Ils ont une valeur estimative, mais peuvent ne pas évaluer exhaustivement les

capacités spécifiques. Toujours est-il que ce sont les tests les plus utilisés et les plus accessibles pour notre étude.

II. 2. 1] L'épreuve de détente verticale ou test de sargent.

Il sert à évaluer la force explosive des membres inférieurs. L'épreuve comprend deux mesures :

1. Une mesure à l'arrêt (mesure A) qui consiste à placer le sujet de profil contre le mur, les pieds bien à plat, le bras qui se trouve du côté du mur est levé en extension maximale de l'épaule.
2. Une mesure au cours de l'épreuve (mesure B) : le sujet se place, pieds légèrement écartés environ 20 cm du mur. Sans rebond préalable, il prépare son saut en abaissant les bras et en fléchissant le tronc et les membres inférieurs. Il saute aussi haut que possible, un bras en extension, en laissant une marque sur le mur gradué et à l'aide de ses doigts préalablement enduits de poudre de craie. Le sujet fait trois sauts et la performance sera la différence entre la meilleure mesure de B et la mesure de A.

L'appréciation se fera à l'aide d'un tableau. Ainsi on considère comme faible une valeur de la détente inférieure à trente centimètres, moyenne pour quarante centimètres, bonne de cinquante à soixante dix centimètres et excellente au dessus de quatre vingt centimètres.

Pour la réalisation de ce test on a utilisé :

- ✚ Un mur étalonné par des traits parallèles tracés en grandes lignes qui sont espacées de cinq centimètres et des interlignes espacés d'un centimètre entre eux depuis une hauteur d'un mètre mesurée à partir du sol jusqu'à une hauteur de trois mètres et demi (3,5m) l'évaluateur doit disposer d'une fiche d'enregistrement des résultats.

II. 2.2] Le test de Cooper ou test de 12 minutes

Ce test s'est déroulé sur la piste d'athlétisme du stade Iba Mar Diop.

➤ Déroulement de l'épreuve

C'est une épreuve qui consiste à parcourir la plus grande distance possible pendant une durée de douze minutes (12 mn) sur une piste d'athlétisme ou un terrain équivalent. En courant, il est autorisé de marcher en cas de fatigue excessive. D'après son auteur (K.H Cooper, 1968), 12 minutes représentent la durée limite pendant laquelle un sujet peut maintenir une activité à une intensité proche de la puissance maximale aérobie. Ce type d'épreuve est par conséquent principalement limité par le VO_2 .

➤ Matériel utilisé

Il nécessite :

- ✚ Une piste d'athlétisme étalonnée ou un chemin plat jalonné tous les 100 mètres.
- ✚ Un chronomètre
- ✚ Un sifflet

L'exécution de ce test nécessite le respect de certaines consignes à savoir :

- ✚ Attendre au moins une heure après un repas et boire de l'eau une quinzaine de minutes avant le test
- ✚ Eviter d'organiser ce test dans des conditions éprouvantes : humidité, température, sol glissant, altitude.
- ✚ Etre bien préparé mentalement et physiquement.
- ✚ Avoir un ou deux tests précédents constitue un avantage certain qu'il faut éviter d'interpréter comme un progrès des aptitudes aérobies.

II. 2.3] Le test de vitesse sur 60 mètres

➤ **But du test**

L'épreuve de 60 mètres est retenue pour évaluer la vitesse. Il a pour but d'apprécier la rapidité du sujet.

➤ **Matériel**

Pour la réalisation du test il faut un chronomètre, une piste et un signal visuel.

➤ **Protocole**

Il est déclenché par le signal visuel et le sujet doit parcourir la distance de 60 mètres le plus rapidement possible.

II. 2.4] Le test de la capacité anaérobie en course (Thomson, 1981) ou test sur 300 mètres.

➤ **But du test**

Ce test vise à évaluer la capacité anaérobie lactacide du sujet sur une distance de 300 mètres.

➤ **Matériel**

Pour la réalisation de ce test, il faut une piste, un chronomètre et un signal visuel.

➤ **Protocole**

Le sujet doit sprinter sur une piste de 400 mètres le plus rapidement possible après le signal.

II. 2.5] Le test de puissance anaérobie lactacide de Wingate (1977)

C'est une épreuve sur bicyclette ergométrique qui vise à évaluer la capacité lactacide du sujet sur une durée de 30 secondes.

➤ **Matériel**

Pour la réalisation de ce test, il faut une bicyclette ergométrique avec compteur à déclencheur électrique, un chronomètre, un signal auditif et une salle bien aérée. Les sujets doivent être en tenue de sport. La bicyclette utilisée est de marque Monark

➤ **Protocole**

On demande au sujet, après avoir ajusté la selle, de pédaler le plus rapidement possible pendant 30 secondes. La résistance de l'appareil est ajustée pendant les deux ou trois premières secondes. A ce moment, l'horloge et le compteur électrique sont mis en marche. Le nombre de révolutions du pédalier est enregistré à la fin des 30 secondes.

II. 3.] Présentation du modèle d'échauffement

Il est impossible de concevoir l'échauffement type qui serait valable pour toutes les activités, tous les niveaux de pratique, toutes les conditions atmosphériques, tous les individus, tous les âges et tous les gabarits physiques.

Pour notre cas l'accent sera mis plus sur certains points que sur d'autres selon l'activité en question et les groupes musculaires et articulaires qu'il va solliciter. Ainsi dans le modèle d'échauffement retenu, la première phase et la troisième phase seront identiques pour toutes les épreuves. C'est la deuxième phase qui est spécifique, les exercices proposés seront différents selon l'épreuve.

II. 3. 1] L'échauffement général

- **Première phase** : la course est lente pour une durée de 10 minutes.

II. 3. 2] L'échauffement spécifique

- **Deuxième phase** : C'est un échauffement articulo-musculaire pour une durée de 10 minutes.

Exemple d'échauffement pour le 300 mètres

Noms des articulations	Exercices proposés
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Articulation du fémur avec le tibia et le péroné : le genou ❖ Articulation coxo-fémorale : hanche ❖ Articulation du tibia, péroné avec l'extrémité des tarses : la cheville 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Trois répétitions talons aux fesses sur une distance de 15 mètres. ❖ Trois répétitions élévation des genoux sur quinze mètres ❖ Trois répétitions déroulé de jambes sur 15 mètres ❖ Foulées tractées sur 15 mètres

Exemple d'échauffement pour la détente verticale

Noms des articulations	Exercices proposés
<ul style="list-style-type: none">❖ Articulation du genou❖ Articulation coxo-fémorale❖ Articulation de la cheville❖ Articulation de l'épaule	<ul style="list-style-type: none">❖ 5 à 10 répétitions de bondissements avec synchronisme bras jambes sur place❖ 3 répétitions de sauts en extension total avec rétro pulsion et antépulsion au niveau des bras

Exemple d'échauffement pour la bicyclette

Noms des articulations	Exercices proposés
<ul style="list-style-type: none">❖ Articulation du genou❖ Articulation coxo-fémorale❖ Articulation de la cheville	<ul style="list-style-type: none">❖ 3 répétitions talons aux fesses sur 10 mètres❖ 3 répétitions élévation des genoux sur 10 mètres❖ Pédalage sur bicyclette avec charge faible voire nulle

Exemple d'échauffement pour le 60 mètres

Noms des articulations	Exercices proposés
<ul style="list-style-type: none">❖ Articulation du genou❖ Articulation du coxo-fémoral❖ Articulation de la cheville❖ Articulations du bras	<ul style="list-style-type: none">❖ 3 répétitions d'accélération à 50%, 75% et 100% sur 10 à 15 mètres❖ Synchronisme bras jambes

avec gainage du bassin

II. 3. 3] Troisième phase : étirement musculaire

Durée : 5 minutes

Noms des muscles	Exercices proposés
<ul style="list-style-type: none">❖ Delfoïde, triceps et les muscles de l'avant bras	<ul style="list-style-type: none">❖ Mains jointes, tirer vers le haut, puis vers la droite et ensuite vers la gauche❖ Tirer un bras tendu du côté de l'autre bras en le gardant coller à la poitrine
<ul style="list-style-type: none">❖ Muscle du quadriceps crural (vaste médial, vaste intermédiaire, vaste latéral, droit fémoral❖ Soléaire❖ Muscle grand abducteur	<ul style="list-style-type: none">❖ Jambes légèrement écartées, descendre progressivement à droite puis à gauche pour étirer les muscles abducteurs❖ Position sur une jambe tirer sur le bout de l'autre jambe, talon sur la fesse pour étirer le quadriceps (ceci pour les deux jambes)❖ Position sur une jambe, cuisse contre poitrine, la jambe au sol reste tendue, puis on tire la pointe du pied vers le haut.❖ Assis jambes légèrement écartées, écrasement facial

Consigne : Tenir au moins 10 secondes pour chaque mouvement.

Remarque : Les tests sont faits avant échauffement c'est-à-dire au repos et après avoir fait entièrement les trois phases de l'échauffement

Rappelons encore une fois de plus qu'au premier passage le groupe d'étudiants sera soumis aux différents tests sans pour autant s'être échauffé. Au deuxième passage le même groupe d'étudiants repassera les différents tests, mais cette fois ci après un bon échauffement

III.] Présentation des données

Tableau 2 : caractéristiques biométriques (âge et poids selon les sujets)

Sujets	ages (année)	poids (kg)
1	25	64
2	25	66
3	26	76
4	25	75
5	23	70
6	25	76,5
7	25	77
8	21	76
9	25	67
10	24	67
11	24	74
12	24	76
13	26	65
14	25	68
15	26	70
16	23	63
17	25	78,5

18	23	70,5
19	22	60
20	23	66
21	20	71
22	23	66
23	23	72
24	26	70
25	24	64
26	25	62
27	26	72
28	25	70
29	24	70
Moyenne	24,17	69,74
Ecart type	1,48	4,912

Tableau 3: Résultat du test de vitesse sur 60 mètres : valeurs mesurées en secondes (s) avant et après échauffement ; moyenne et écart-type

Sujets	Avant échauffement (s)	Après échauffement (s)
1	8,39	7,3
2	7,78	6,83
3	8,23	7,47
4	8,17	6,67
5	7,99	7,29
6	8,35	7,06
7	7,83	6,83
8	8,43	7,73
9	8,38	7,27
10	8,09	7,7
11	7,17	7,02
12	8,37	7,4
13	8,29	7,32
14	8,12	7,2
15	8,62	7,79
16	7,83	7,02
17	8,3	7,14
18	8,21	7,37
19	8,31	7,37
20	8,64	7,47
21	8,49	7,07
22	8,41	7,37
23	8,09	7,11

24	8,39	7,6
25	8,73	7,54
26	7,27	6,88
27	7,75	6,9
28	8,53	7,42
29	7,85	7,37
Moyenne	8,17	7,25
Ecart Type	0,37	0,28
coefficient de corrélation = 0,60		

Tableau 4 : Résultat du test de Sargent : valeurs mesurées en centimètres (cm) avant et après échauffement ; moyenne et écart-type

Sujets	Avant échauffement (cm)	Après échauffement (cm)
1	50	55
2	60	78
3	55	65
4	51	59
5	52	57
6	45	60
7	50	60
8	57	68
9	52	60
10	55	65
11	45	50
12	55	70
13	55	65
14	40	55
15	38	53
16	55	65
17	50	55
18	50	60
19	50	60
20	55	65
21	55	60
22	55	60

23	45	60
24	55	65
25	50	60
26	50	50
27	50	55
28	60	70
29	55	65
Moyenne	51,55	61,03
Ecart Type	5,20	6,24
coefficient de corrélation = 0,76		

Tableau 5: Résultat du test de pédalage sur bicyclette ergométrique de Wingate : valeurs mesurées en nombre de tours (t) avant et après échauffement ; moyenne et écart-type

Sujets	Avant échauffement (t)	Après échauffement (t)
1	70	98
2	76	120
3	77	98
4	69	98
5	80	99
6	90	102
7	48	103
8	98	103
9	77	105
10	77	107
11	89	102
12	77	99
13	79	95
14	83	102
15	72	94
16	76	85
17	81	100
18	51	88
19	77	88
20	87	100
21	68	95
22	75	78
23	64	99

24	67	97
25	63	101
26	31	79
27	78	103
28	69	95
29	85	105
Moyenne	73,58	97,86
Ecart Type	13,40	8,40
coefficient de corrélation = 0,42		

Tableau 6: Résultat du test de Thomson sur 300 mètres : valeurs mesurées en secondes (s) avant et après échauffement ; moyenne et écart-type

Sujets	Avant échauffement (s)	Après échauffement (s)
1	49,19	43,69
2	39,9	38,15
3	46,74	42,75
4	43,18	41,29
5	47,13	44,31
6	40,89	39,07
7	42,79	40,23
8	45,29	42,53
9	44,02	40,45
10	43,62	40,28
11	42,46	39,68
12	48,04	40,53
13	47,62	43,39
14	45,19	41,23
15	43,64	40,07
16	39,97	36,42
17	42,17	40,01
18	42,17	40,38
19	43,33	42,94
20	42,57	40,84
21	40,86	41,57
22	41,02	42,21
23	41,29	37,06
24	44,15	41,93

25	44,13	41
26	40,02	39,46
27	38,05	38,04
28	45,19	38,66
29	44,1	42,06
Moyenne	43,40	40,69
Ecart Type	2,68	1,93
coefficient de corrélation = 0,69		

Tableau 7 : Résultat du test de Cooper : valeurs mesurées en mètres (m) avant et après échauffement ; moyenne et écart-type

Sujets	Avant échauffement (m)	Après échauffement (m)
1	3100	3100
2	2900	3100
3	2800	2875
4	2800	2800
35	3000	3100
6	3000	3000
7	2900	2900
8	2825	2900
9	3000	3100
10	2900	2900
11	2500	2800
12	2850	2900
13	2550	2825
14	2750	2850
15	2850	2900
16	3150	3250
17	2800	3100
18	2650	2850
19	2850	2800
20	2850	2900
21	2850	2950
22	2850	2850

23	2900	2950
24	2850	2900
25	2600	2500
26	2300	2000
27	3000	3100
28	2750	2900
29	2800	2700
Moyenne	2825	2889,65
Ecart Type	177,53	225,84
coefficient de corrélation = 0,83		

iv.7 Analyse et interprétation des résultats

✚ Tableau 3 :

Les variations de la vitesse sur 60 mètres montrent que les sujets ont réalisé au repos les valeurs minimale de 7,15 et maximale de 8,73 secondes avec une moyenne de 8,17 secondes et un écart type de 0,37. Après un échauffement de 20 minutes, on note une augmentation de la performance aussi bien en individuel que pour tout le groupe. La valeur minimale devient 6,67 secondes et la valeur maximale 7,79 secondes, soit une moyenne de 7,25 secondes et un écart type de 0,28. On note aussi que tous les sujets ont réalisé une meilleure performance. On émet l'hypothèse que cette amélioration est peut être due à l'échauffement.

Du moment que les temps ont été améliorés, physiologiquement ces performances peuvent s'expliquer par le fait que l'élévation de la température à l'échauffement entraîne une amélioration du système neuromusculaire de la viscosité sanguine et de l'élasticité du muscle. Les effets se font sentir sur la coordination motrice par une augmentation de la précision d'exécution des mouvements sur les instructions du système nerveux central. Cette élévation de température causée par l'échauffement

accroît le rendement de la vitesse du système nerveux et de la sensibilité des récepteurs proprioceptifs. Par conséquent ceci a des répercussions sur la vitesse d'exécution (sur kinesthésie), qui a son importance dans la discrimination motrice (Cf. Stuart Eldred, 1969 ; Irving, 1966, 94 ; Hollman & Hettinger 1976, 499). Une élévation de la température du corps de 2°C augmente la vitesse de contraction musculaire de 20%. Donc on peut penser que l'échauffement a une plus grande influence sur la performance durant le démarrage que dans l'activité (le temps de réaction). Astrand et Coll, 1980 rapportent que l'échauffement actif assure un gain de temps de 0,5 à 0,6 seconde au 100 mètres ; ce qui représente une amélioration de 3 à 4% par rapport aux résultats obtenus sans aucun échauffement.

Tableau 4 :

L'analyse de la performance sur détente verticale a révélé des valeurs qui évoluent au repos d'un minimal de 40 centimètres (cm) à un maximal de 60 cm avec une moyenne de 51,55 cm et un écart type de 5,20. Après un échauffement de 20 minutes on note une évolution des performances qui passent d'un minimal de 50cm à un maximal de 78 cm avec une moyenne de 61,03cm et un écart type de 6,24. On constate des améliorations de la performance chez 97% des sujets contre 3% pour qui la performance est restée intacte.

La puissance calculée à partir de la formule de Lewis (Fox & Mathews, 1977) est proportionnelle à la performance du saut et à la masse du sujet. La valeur du saut est fonction de la rapidité des contractions musculaires du sujet et à la masse musculaire déplacée. Les meilleures performances sont enregistrées chez les sujets très véloces, c'est-à-dire pouvant déplacer leur centre de gravité dans l'espace le plus rapidement possible. La détente verticale nécessite un mouvement unique de type explosif et simultané des deux membres inférieurs. Les tests de saut impliquent l'habileté motrice, la coordination, la vitesse et la force (Larson, 1940).

Donc à la suite de ce qui précède on peut dire que l'échauffement est à la base de l'amélioration de la performance dans la mesure où il intervient sur les différentes variables précitées. Cependant il est important de dire qu'il y a une corrélation entre les résultats au repos et ceux après échauffement, et elle est de 0,76.

Tableau 5 :

L'analyse des données du tableau 5 nous montre une variation du nombre de tours du pédalier en trente secondes et que les sujets ont réalisé au repos les valeurs minimales de 31 et maximales de 98 tours avec une moyenne de 73,58 tours et un écart type de 13,40. Après un échauffement de 20 minutes, on note une augmentation de la performance aussi bien dans les individualités que dans l'ensemble du groupe. La valeur minimale devient 78 tours et la valeur maximale 120 tours ; soit une moyenne de 97,86 tours et un écart type de 8,40. On note que tous les sujets ont réalisé une meilleure performance ; d'où l'hypothèse selon laquelle l'échauffement est à la base de ce gain.

Physiologiquement ces performances peuvent s'expliquer par le fait que l'élévation de la température à l'échauffement entraîne une amélioration de la capacité de l'organisme à faire reculer la fatigue. En effet, du point de vue métabolique, lorsqu'on réalise des exercices préparatoires, la dette d'oxygène est moins importante et amène une production d'acide lactique moins importante ; ce qui constitue un effet positif dans le domaine anaérobie lactique, car l'acide lactique fait partie des facteurs limitants de cette filière. Ici la corrélation entre les données obtenues au repos et après échauffement est de 0,42.

Tableau 6 :

Les données obtenues à partir du test de Thomson sur 300 mètres montrent au repos une évolution de la performance d'un minimal de 38,05 secondes à un maximal de 49,19 secondes ; soit une moyenne de 43,40 secondes et un écart type de 2,68. A la suite d'un échauffement de 20 minutes, on note une évolution des performances qui passent d' un minimal de 36,42 secondes à un maximale de 44,31 secondes, avec une moyenne de 40,93 secondes et un écart type de 1,93. On note des améliorations de la performance chez 93% des sujets contre 7% qui ont réalisé une contre performance.

Du point de vue physiologique et particulièrement métabolique, lorsqu'on réalise l'échauffement, la dette d'oxygène est moins importante. Par conséquent la production d'acide lactique est moins importante. Il y a également une diminution très sensible de l'activité électrique du muscle (baisse d'environ 36%)-Legros, 1970. Donc on mobilise moins d'unités motrices, et par conséquent la contraction est beaucoup moins longue, ainsi l'échauffement a alors des effets sur la vitesse de contraction musculaire. Il faut noter aussi que la corrélation entre les données au repos et celles après échauffement est de 0,69.

Tableau 7 :

Les résultats du test de Cooper évoluent d'un minimal de 2300 mètres à un maximal de 3150 mètres, avec une moyenne de 2825 mètres et un écart type de 177,53 avant échauffement. A la suite de l'échauffement les performances évoluent d'une valeur minimale de 2000 mètres à une valeur maximale de 3250 mètres, avec une moyenne de 2889,65 mètres et un écart type de 225,84. La corrélation entre les deux tests est de 0,93. Ici les variations au niveau des performances ont été multiples. Ainsi 70% des sujets ont amélioré leurs performances, 20% les ont gardé constantes et 10% ont réalisé des contres performances.

La légère différence observée est due au fait que dans les exercices aérobies, le début est souvent progressif, et peut être considéré comme un échauffement. En fait, les différentes évolutions constatées au niveau des différents tests sont dues certainement à l'effet de l'échauffement sur l'organisme. Sur le plan musculaire on peut croire à la diminution des phénomènes de recrutement d'unités motrices entraînant une diminution de l'amplitude des contractions. Il y a également une diminution très sensible de l'activité électrique du muscle. Ceci a donc des effets sur la vitesse de la contraction musculaire.

v.] Intérêts, limites et perspectives

V. 1] Intérêts

Les tests qui ont été retenus sont des exercices qui ne demandent pas beaucoup de temps. Ils ne nécessitent pas aussi beaucoup de moyens et peuvent se faire aussi bien au laboratoire que sur le terrain. Le but était de pouvoir dire, à la suite de notre étude et après comparaison des différents coefficients de corrélation obtenus dans les différentes filières , où avons-nous plus besoin de l'échauffement. Au vu des résultats obtenus, on peut dire qu'on a plus besoin de s'échauffer respectivement pour les épreuves anaérobies lactiques, ensuite pour les épreuves anaérobies alactiques et enfin pour celles aérobies. Ils constituent aussi un bon outil pour l'entraîneur moderne qui doit sans cesse être fixé sur les possibilités de ses athlètes. S'il est évident que les blessures ne pourront jamais être totalement évitées, il apparaît clairement que la majorité de celles-ci est due à des erreurs d'échauffement. En effet, lors d'un effort physique le corps humain doit adapter les différentes fonctions à l'exercice et pour cela il est impératif de bien le préparer.

V. 2] Limites et perspectives

Les tests précédents donnent des indications fondées sur la connaissance de la capacité de contraction du muscle et de la libération d'énergie par rapport à l'échauffement. Il faut noter que les exercices proposés étaient isolés et qu'ils ne pourraient en aucun cas remplacer des exercices composés et spécifiques aux sports collectifs par exemple. C'est-à-dire faire la relation entre l'échauffement et l'absence d'échauffement avec un « débordement centre » au football ou un « jump shoot » au basket-ball. L'esprit de ces tests devrait pouvoir être transposé dans les sports collectifs. C'est-à-dire élaborer des exercices compris dans les différentes filières et pouvant nous permettre par exemple de faire la relation entre l'échauffement et les phases d'actions combinées. D'aucuns diront certainement pourquoi cette relation dans la mesure où les sports collectifs sont des sports de longue durée ou de durée moyenne. En outre, la corrélation est plus forte entre les données obtenues dans la filière aérobie au repos et après échauffement. Ceci traduit d'une certaine manière la minimalisation de l'impact de l'échauffement sur la performance dans un exercice de type aérobie. Mais, il faut tout simplement voir que derrière ces sports collectifs qu'on considère de longue durée, les actions les plus importantes et les plus déterminantes sont classées dans la filière anaérobie, soit lactique soit alactique.

Nous pensons qu'il est possible d'apporter des modifications dans le déroulement de ces tests afin de faciliter la communication et l'échange entre les différents usagers. Ainsi, dans le test de détente verticale un modèle de saut doit être adopté par tous ; car la position des bras détermine la qualité du saut. L'informatisation du protocole de pédalage diminuerait les pertes de temps occasionnées par les calculs des variables et l'exploitation des données en général. Elle permettrait aussi de gagner du temps dans l'administration du protocole.

R é s u m é e t c o n c l u s i o n

Cette présente étude a porté sur un groupe de 29 garçons, tous sportifs avec une pratique régulière. Le but était de vérifier la relation qui existe entre l'échauffement et la performance physique. Nous avons utilisé pour ce faire 05 tests :

- Le test de vitesse sur 60 mètres
- Le test de Sargent
- Le test de Wingate sur bicyclette ergométrique
- Le test de Thomson sur 300 mètres (course)
- Le test de Cooper de 12 minutes

L'ensemble des tests utilisés permet d'apprécier l'aptitude physique et la capacité à supporter des efforts. Dans notre étude nous avons choisi ces tests pour pouvoir les mettre en rapport avec l'échauffement et la performance. C'est-à-dire quelle pourrait être l'influence de l'échauffement dans différents exercices répartis suivant les trois filières énergétiques ? La réalisation de cette étude est intéressante parce qu'elle permet l'orientation des sportifs dans leur discipline de prédilection en tenant compte de leurs possibilités. Elle leur permettra de déterminer la part qu'ils vont accorder à l'échauffement et cela en fonction de la discipline pratiquée et selon la filière sollicitée.

Les résultats ont montré d'une part que les performances obtenues après échauffement sont supérieures à celles enregistrées au repos. D'autre part nous notons que les données obtenues avant et après échauffement sont significativement corrélées. C'est à partir de ces différents résultats qu'on a pu voir que la corrélation est plus élevée pour l'exercice de la filière aérobie, ensuite celui de la filière anaérobie

alactique et enfin celui de la filière anaérobie lactique. Ces résultats montrent que l'échauffement a plus d'impact sur la performance selon que l'exercice appartient d'abord à la filière anaérobie lactique, puis à la filière anaérobie alactique et enfin à la filière aérobie.

Cependant, la notion d'échauffement doit être plus claire et plus précise dans la conception des sportifs et particulièrement chez les jeunes. Dans la mesure où l'on parle de travail à la base et d'environnement où la performance ultérieure est sujette à une pratique rationnelle guidée dès le jeune âge.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- **Astrand P.O, Rodahl K, Masson** : Précis de physiologie de l'exercice musculaire 1980 p.507
- 2- **Bertrand During et collaborateurs** : énergie et conduite motrice. Collection étude et formation, 1989 p.147
- 3- **J P Doutreloux** : physiologie et biologie du sport. Edition Vigot 1998 p.230
- 4- **Fall A** : puissance et capacité anaérobie alactique. Essai synthétique des études expérimentales. Energétique-évaluation-entraînement in médecine du sport. Paris : médisor tome 64 n°6. 25 novembre 1990 pp 310-314.
- 5- **Fox & Mathews** : bases physiologiques de l'activité physique. Vigot édition Paris 1984 p.404
- 6- **Frédéric Lambertin** : football préparation physique intégrée. Edition Amphora tous les sports 14, rue de l'odéon-75006 Paris pp.48-63
- 7- **Mac Dougall (DJ), Wenger (H.A), Green (H.J)**: l'évaluation physiologique de l'athlète de haut niveau. Montréal : Decarie :Vigot 1988 p.p.86-94.
- 8- **Monod (H), Flandrois (R)** : physiologie du sport. Paris, Masson 1985 p.65-217-218-219
- 9- **Pertuzon et Bouisset** : in biomécanics II, karger ed 1971-vol 1
- 10- **Stoboy. H** : neuromuskulare funktion und forperliche leistung. In: zentrale the men der spotmedezin pp.16-42
- 11- **Stuart D.G.E, Eldred A. Hemingway, Y. kawamura**: neutral regulation of shivering. In temperature, vol 3 biology and medecin, New York 1963.

Sources internet

- 12- <http://home.nordnet.fr/scharlet/Echauff.htm>
- 13- http://www.e-sante.be/guide/article_2548-909htm

