

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS

INSTITUT NATIONAL
SUPERIEUR D'EDUCATION
POPULAIRE ET SPORTIVE
INSEPS

MEMOIRE DE MAITRISE

ES - SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'ACTIVITE
PHYSIQUE SPORTIVE

THEME

L'EFFET DE L'ENTRAINEMENT DE TYPE
PLIOMETRIQUE SUR LA DETENTE VERTICALE

Présenté et soutenu par
MASSOUD FALL



Sous la direction de
Monsieur Assane FALL
Professeur à l'INSEPS de Dakar

ANNEE UNIVERSITAIRE
1990 - 1991

A mes parents, mes frères et sœurs, pour le soutien et l'affection qu'ils m'ont toujours accordés. Je n'oublie pas leurs prières sans lesquelles mon chemin pourrait être plus difficile.

*A tous mes ami(e)s, pour leur amour, leur fidélité et leur compréhension base de notre perpétuelle entente, particulièrement à **Ndèye Coumba NIANG** pour son amour, sa sincérité et la franchise de son soutien qui sont autant de motivations.*

A tout ce petit monde, un grand merci.

MASSOUD FALL

R E M E R C I E M E N T S

Mes remerciements :

- à **Monsieur Assane FALL**, mon directeur de mémoire qui n'a ménagé aucun effort pour m'assister à l'édification de ce présent mémoire et ceci malgré sa grande sollicitation. Grand merci.

- à **Monsieur Papa Leydi DIAGNE** pour ses conseils qui ont été d'un grand apport.

- à **Monsieur Falilou FALL**, un très cher ami pour son aide considérable, pour avoir facilité la réalisation de ce mémoire.

Ma profonde gratitude à :

- L'ensemble du corps administratif
- L'ensemble du corps professoral de l'Institut
- L'ensemble des étudiants et au personnel

A tous je leur demande de trouver ici l'expression de mes sincères remerciements.

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	1
I - RAPPELS PHYSIOLOGIQUES	4
I.1 - La pliométrie	4
I.1.1 - Définition	4
I.1.2 - Principes de l'entraînement pliométrique	5
I.1.3 - Les tests en pliométrie	6
I.2 - Fibres musculaires et la physiologie de la contraction	7
I.2.1 - Types de fibres musculaires	7
I.2.2 - Physiologie de la contraction musculaire	8
II - PROJET DE RECHERCHE	10
1 - Identification du problème et formulation de l'hypothèse	10
2 - Matériel et méthode	11
III - PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS	16
1 - Présentation des résultats	16
2 - Discussion	27
IV - RESUME ET CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE	32

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

On ne peut parler de performance sportive sans parler des déterminants de l'aptitude physique. L'histoire de la science et des techniques des activités physiques est riche en modèles de ces dits déterminants. C'est pourquoi à la notion d'aptitude physique générale s'est progressivement substitué un ^{ensemble} de qualités qui sont autant de facteurs à l'établissement d'un record ou d'une performance. Pour cette étude nous avons retenu quatre composantes essentielles qui sont :

- La composante mécanique qui concerne l'appareil locomoteur dans ses dimensions analytiques. Elle est évaluée par les mesures anthropométriques

- La composante neuro-motrice permet l'adaptation des éléments mécaniques dans une conduite motrice adaptée. Cette réalisation nécessite la perception des signaux internes et externes, ainsi que leur interprétation. L'exécution correcte demande une bonne organisation spatiale et temporelle, et se définit par l'adresse, la dextérité ou l'agilité. Ce domaine très varié et très important de la psychomotricité n'est pas étudié dans ce travail.

- La composante psychologique.

- La composante organique concerne les modalités de production d'énergie et le rendement de l'activité physique. Une performance musculaire est toujours le résultat d'un travail mécanique dans un but restreint et précis. Dans le muscle, l'énergie mécanique trouve sa source dans des transformations biochimiques. A cet effet, trois filières métaboliques sont disponibles. Les modalités de fonctionnement et les limites de ces trois métabolismes définissent les qualités physiques correspondantes : sprint et détente, résistance et endurance.

Le sprint est un effort maximal de quelques secondes, comme une course de 50 m. La détente fait appel à des qualités similaires. La réalisation nécessite un grand débit d'énergie, produit pendant très peu de temps. Cette énergie est fournie par la dégradation des liaisons phosphates (phosphocréatine et ATP). La puissance de ce métabolisme est le facteur limitant de la performance, tandis que la capacité ne semble pas déterminante.

L'épreuve destinée à mesurer cette qualité physique est nécessairement un effort musculaire dynamique de très grande intensité, conduisant à l'épuisement en quelques secondes.

La résistance est la capacité de soutenir un effort très intense, épuisant le sujet en une à deux minutes, comme dans une course de 400 m ou de 800 m. L'énergie trouve sa source dans la glycolyse anaérobie ou la dégradation du glucose en pyruvate, en partie transformé en lactate.

L'endurance est la capacité de prolonger plusieurs heures un effort d'intensité moyenne. Le marathon est l'exemple type de cette modalité. L'énergie est produite par la combustion des glucides et des lipides, avec consommation d'oxygène.

Dans la même composante il y a, en plus de ces trois filières métaboliques, l'énergie élastique. Cette dernière n'est pas souvent l'objet d'étude bien qu'il y ait des tests valides et très fiables. Cette énergie élastique est mise en jeu par l'entraînement pliométrique. La pliométrie consiste à solliciter un muscle d'abord par une phase excentrique (étirement) et de laisser ensuite se dérouler la phase concentrique (contraction). Il y a mise en jeu de ce que les physiologistes appellent "the stretch shortening cycle" (le cycle étirement-raccourcissement).

Y a-t-il un support théorique de la pliométrie ou l'existence d'une énergie élastique ?

A ce propos CAVAGNA et coll (1964-1968) ont montré que dans la course le rendement du travail moteur excède fortement le rendement maximum avec lequel les muscles transforment l'énergie chimique en énergie mécanique. Cette hypothèse a été vérifiée par THYS (1973, 1987) et ASMUSEN et coll (1974). Le comportement moteur à la suite d'une série d'expériences et les structures du muscle ont conduit les auteurs à conclure à une intervention

des propriétés élastiques. Lorsqu'un muscle en état de contraction est soumis à un étirement, une partie de l'énergie est absorbée par les éléments musculaires élastiques en série. L'énergie ainsi stockée peut être restituée et utilisée lors d'une contraction suivante et ajoutée ses effets à l'énergie chimique. En dehors d'une économie d'énergie, un muscle étiré peut développer une puissance supérieure à celle d'un muscle non étiré (CAVAGNA et coll, 1968 ; BOSCO et coll, 1987).

Ce phénomène, bien démontré sur un groupe musculaire, pourrait expliquer les puissances anormalement élevées qui permettent aux sprinteurs d'atteindre des vitesses de course aussi rapides (CAVAGNA et coll, 1981) et les sauteurs des performances insoupçonnables. Lors de la réception, pendant la phase de décélération, les muscles de la jambe en activité sont étirés et accumulent de l'énergie élastique. Cette énergie est utilisée lors de la phase suivante et permet aux muscles de développer une puissance supérieure.

Ce sont là autant de théories qui soutiennent que l'étirement du muscle accroît la puissance développée lors de la contraction suivante.

La pliométrie qui n'a de sens qu'à travers la combinaison de l'étirement (phase excentrique) et de la contraction (phase concentrique) semble avoir un rapport avec l'énergie élastique et par conséquent avec la détente verticale. Ceci nous mène à l'interrogation suivante : Est-ce qu'un entraînement du type pliométrique tel que nous le voyons dans les divers programmes chez les sprinteurs et les sauteurs est susceptible d'améliorer la détente verticale ?

La charpente de cette présente étude se divise en trois chapitres qui sont successivement : les rappels physiologiques, la méthodologie et le résumé et conclusion.

I - RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

I.1 - LA PLIOMETRIE

I.1.1 - Définition

Pour définir la pliométrie il faut considérer les différents régimes de contraction du muscle. A ce propos PETT, G. et coll (1989) disent : "On considère aujourd'hui que le muscle peut fonctionner de deux manières :

- sans déplacement de ses points d'insertion et on parle de travail ou régime de contraction isométrique,

- avec déplacement de ses points d'insertion on parle alors de travail anisométrique.

Dans ce deuxième cas le déplacement des points d'insertion peut se faire de trois manières différentes :

- . Les points d'insertion se rapprochent, le muscle se raccourcit, la masse du muscle se "concentre", on parle alors de travail concentrique.

- . Les points d'insertion s'éloignent, le muscle s'allonge, il s'excentre, on a alors un travail excentrique.

- . Les points d'insertion s'éloignent puis se rapprochent, ceci dans un temps très court, on a donc une phase excentrique immédiatement suivie d'une phase concentrique, on parle dans ce cas de travail pliométrique".

La pliométrie consiste alors à solliciter un muscle d'abord par une phase excentrique et de laisser se dérouler la phase concentrique qui se suit naturellement.

Le physiologiste parle du "cycle étirement-raccourcissement".

I.1.2 - Principes de l'entraînement pliométrique

I.1.2.1 - Introduction

Si l'on prend comme exemple de fonctionnement pliométrique le membre inférieur et plus précisément l'articulation du genou, les contractions du type pliométrique se retrouvent quand un sujet effectue des sauts en contre-bas mais également dans toutes les impulsions pliométriques.

COMETTI (1989) suggère de "multiplier les situations sollicitant la pliométrie pour faire progresser l'athlète". On utilise souvent des situations comme les bondissements et les sauts en contrebas. Mais très vite l'athlète s'habitue à ces exercices et on n'enregistre plus de progrès. Il faut donc introduire une variété dans ce travail tout en concevant les points essentiels de ce type de fonctionnement musculaire. C'est ainsi qu'Alain Piron a défini les trois principes de l'entraînement pliométrique.

I.1.2.2 - Le principe de variation du placement

Lors de sa spécialité (saut en hauteur par exemple) l'athlète va adopter une flexion particulière du genou, il va donc chercher un "placement" précis au niveau de cette articulation. Varier sur le thème du placement consiste donc à travailler avec des flexions différentes du genou autour de la situation spécifique (flexion nécessaire lors du saut en hauteur par exemple).

I.1.2.3 - Le principe de variation du déplacement

On peut sans modifier la flexion faire varier le déplacement des leviers. Dans le cas des jambes cela signifie varier l'angle balayé par la jambe par rapport au sol. Lors de sa spécialité (toujours le saut, en haut par exemple), l'athlète balaye un angle donné, on va pouvoir en agissant sur la vitesse en particulier, proposer des situations avec un angle plus ou moins important.

I.1.2.4 - Le principe de variation de la tension musculaire

Si l'on reste dans la contraction pliométrique, la tension musculaire peut être variée par l'augmentation ou diminution des hauteurs de chute dans les sauts en contrebas.

I.1.3 - Les tests en pliométrie

I.1.3.1 - Le Squat jump

Il s'agit d'effectuer une détente verticale en partant d'une position de flexion de 90° des genoux, tronc droit. Dans ces conditions le travail est localisé sur les jambes et sollicite très peu d'élasticité musculaire. Le score est donné par la différence entre les hauteurs atteintes par le bras tendu avant et pendant le saut.

I.1.3.2 - Le Counter mouvement jump

Les paramètres sont pratiquement les mêmes mais cette fois l'étirement musculaire est autorisé. Le sujet part en position jambes tendues, se fléchit (le tronc reste droit), ce qui étire le quadriceps, puis effectue sa détente.

On obtient donc pour un sujet donné deux performances :

- Squat jump : détente avec peu d'élasticité
- Counter mouvement jump : détente avec élasticité.

BOSCO (1985) a eu l'idée de faire la différence de ces deux tests (CMJ-SJ) qui est égale à la force élastique.

I.1.3.3 - Counter mouvement jump - Squat jump

BOSCO (1985) affirme que cette différence renseigne sur les qualités élastiques du sujet. Il n'est pas rare de voir des athlètes qui ont une différence faible voire nulle entre les deux tests. On met en évidence les difficultés de ces sujets à fonctionner de manière pliométrique.

I.2 - FIBRES MUSCULAIRES ET LA PHYSIOLOGIE DE LA CONTRACTION

Il nous paraît judicieux de parler des fibres musculaires quand on effectue un travail portant sur les contractions musculaires. C'est ainsi qu'on a choisi de donner les types de fibres et la physiologie de la contraction musculaire.

I.2.1 - Types de fibres musculaires

Du point de vue fonctionnel, les cellules musculaires ne constituent pas un tissu homogène. La plupart des muscles sont constitués de fibres dont les propriétés mécaniques sont différentes. Il existe une corrélation entre ces propriétés mécaniques et les caractéristiques histochimiques et morphologiques de la fibre (BURBE et EDGERTON, 1975). La classification et la nomenclature des différents types de fibres sont encore discutées (CLOSE, 1972 ; ENGEL, 1974). Il est maintenant bien évident que c'est la qualité de l'ATPase liée à la myosine qui constitue le facteur limitant de la rapidité du raccourcissement. La coloration histochemique des différentes coupes de fragment de muscle après leur incubation dans des solutions tampons à différents pH, permet d'identifier les deux principaux groupes de fibres musculaires.

Les caractéristiques temporelles des contractions isométriques et les propriétés dynamiques des deux types de fibres diffèrent notablement, ce qui leur a valu d'être appelées fibres à contractions lentes et fibres à contractions rapides, ou, pour utiliser une nomenclature moins expressive, fibres de types I et de types II respectivement. Une faible activité de la myosine ATPase de la fibre musculaire est généralement associée à une contraction relativement lente et à moindre développement du système enzymatique de la glycolyse. En revanche, la teneur élevée en mitochondries s'accompagne d'un potentiel élevé en activités enzymatiques oxydatives. Lorsque l'activité de myosine ATPase est élevée, le tableau est inversé. La contraction est relativement rapide et le système enzymatique de la glycolyse est bien développé ; la teneur en mitochondries et l'activité oxydative sont plus faibles et la cellule se fatigue rapidement. Cependant les fibres à activité myosine ATPase élevée que sont les fibres de type II peuvent être divisées en plusieurs sous-groupes (IIa, IIb et IIc) en fonction de leur réaction à différentes solutions tampons avant leur coloration (BROOKE et KAISER, 1970).

Les fibres de type IIa présentent un potentiel oxydatif élevé et une capacité glycolytique modérée ; elles résistent relativement bien à la fatigue. La fibre IIb est la fibre à contraction rapide "typique" à faible potentiel oxydatif. La fibre IIc est généralement considérée comme une fibre peu différenciée.

A l'opposé de la myosine ATPase les enzymes métaboliques semblent être influencées par le niveau d'activité physique et leur activité peut donc être modifiée par un entraînement à endurance. Il est fort possible que la proportion des fibres des différents sous-groupes du type II varie chez le même individu, d'une période de son existence à l'autre. En revanche la proportion entre fibres de types I et II semble être un caractère génétique (ceci constitue une généralisation, mais il n'est pas pour le moment possible de décrire avec précision, à partir des méthodes histochimiques classiques, les propriétés kinétiques du muscle). Il est également évident qu'on ne peut pas appliquer directement au fonctionnement des muscles humains des données recueillies sur les muscles de rat ou de chat.

I.2.2 - Physiologie de la contraction musculaire

Nous vous livrons là un résumé fait par ASTRAND et RODHAL (1980). Le Ca^{2+} constitue le lien entre l'excitation et la contraction. Lorsqu'un signal nerveux parvient à la cellule musculaire, le calcium stocké dans les vésicules du réticulum sarcoplasmique est libéré dans le fluide qui entoure les filaments. En se combinant avec la troponine, il assure la levée d'un obstacle qui s'opposait à l'interaction entre les filaments d'actine et de myosine. La tropomyosine, qui dans le muscle au repos, bloquait les sites actifs de l'actine les libère, ce qui permet aux têtes de molécules de myosine de se fixer à leur niveau. Chacune de ces liaisons exerce pendant son action une force longitudinale sur une certaine distance, ce qui s'accompagne probablement de la dégradation d'une molécule d'APT, et qui tire les filaments d'actine vers la région médiane de la bande A. La fonction de ce système s'interrompt lorsque le Ca^{2+} est recapté par le réticulum sarcoplasmique. En l'absence de ce calcium, le complexe troponine-tropomyosine intervient à nouveau pour empêcher toute interaction entre les filaments d'actine et de myosine.

Les séquences se répètent pendant toute la durée de la stimulation du muscle, et les têtes de myosine se fixent, pivotent, puis se détachent cycliquement ce qui, en mobilisant les filaments d'actine, provoque le raccourcissement du muscle. Chaque actif d'un filament d'actine peut réagir successivement avec plusieurs têtes de myosine disposées en ligne, ce qui amène le filament d'actine à se déplacer le long du filament de myosine. Lorsque le muscle travaille dans des conditions isométriques, les mêmes groupes moléculaires peuvent s'associer puis se dissocier plusieurs fois de suite. Les filaments d'actine peuvent même, éventuellement, faire un glissement qui les écarte du centre de la bande A si le muscle ne peut pas développer une tension suffisante. Il est facile de comprendre pourquoi la tropine et la tropomyosine sont qualifiées de protéines.

II - PROJET DE RECHERCHE

1 - IDENTIFICATION DU PROBLEME ET FORMULATION DE L'HYPOTHESE

Le sens commun accepte aisément que la performance est indissociable des déterminants de l'aptitude physique. L'aspiration au record exige une tendance notoire vers l'acquisition des qualités physiques. L'entretien de ces dernières améliore la disposition à la performance. Parmi les quatre retenues dans ce travail, la composante organique a le plus attiré notre attention. En fait si les trois filières métaboliques qui en font partie ont été étudiées à fond, la force élastique qui les complète n'est pas souvent l'objet de recherches. Cela nous intéresse à plus d'un titre si l'on sait que les sportifs sénégalais les plus doués sont souvent de petite taille. La recherche de l'amélioration de la détente verticale apparaît alors comme un sujet digne d'intérêt. En effet la détente est sollicitée dans presque toutes les disciplines sportives. Les sauteurs plus que les autres en ont grandement besoin. Mais dans tous les sports collectifs pratiqués à l'INSEPS la détente verticale est toujours présente. Les rebonds pour le basket-ball, le jeu de tête pour le foot-ball, le tir en suspension pour le hand-ball et le smash ainsi que le contre pour le volley-ball sont autant d'actions qui sollicitent la détente verticale.

La pliométrie est sensée combiner les phases excentrique et concentrique de la contraction en vue d'un meilleur rendement musculaire quant à la puissance développée.

Un entraînement du type pliométrique nous paraît avoir un rapport avec la détente verticale. Ceci nous amène à poser l'hypothèse suivante : il semble que la détente verticale est susceptible d'être améliorée par un entraînement du type pliométrique.

La manière dont l'hypothèse de travail est présentée nous permet de faire aisément une étude comparative. Il s'agit alors de comparer les groupes expérimental et témoin avant et après l'expérience. Il suffit de montrer que ces groupes sont comparables au départ en montrant que $(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2)$ est négligeable. Il faut montrer ensuite que $(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$ est significatif. La réalisation de tout cela confirme l'hypothèse de travail. En fait seul le groupe expérimental a été soumis au traitement en plus du régime d'entraînement subi à l'INSTITUT.

$\bar{\mu}_1$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe expérimental en pré-test.

$\bar{\mu}_2$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe témoin en pré-test.

$\bar{\chi}_1$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe expérimental en post-test.

$\bar{\chi}_2$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe témoin en post-test.

2 - MATERIEL ET METHODE

a) Protocole de recherche

Nous nous sommes livré à une étude quasi-expérimentale. Nous avons comparé deux groupes qui sont sensiblement homogènes au départ. Nous avons soumis le groupe expérimental à un entraînement de type pliométrique. Nous avons vérifié à la fin de l'expérimentation si les groupes, à peu près égaux au départ sont maintenant devenus différents au plan de la variable dépendante. A ce sujet il faut préciser que la variable dépendante qui est la détente a été estimée suivant deux tests : "le squat jump" et le "counter mouvement jump" (explication plus loin). La différence entre les scores obtenus dans ces tests (CMJ-SJ) nous renseigne sur la force élastique des sujets. Par voie de conséquence nous sommes informés de la capacité de ces sujets de fonctionner de manière pliométrique.

Ainsi donc pour chaque test la comparaison de STUDENT est utile, c'est-à-dire le test "t".

$$t = \frac{(\bar{\chi}_1 - \bar{\chi}_2) - (\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2)}{\sigma}$$

$\bar{\chi}_1$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe expérimental en post-test.

$\bar{\chi}_2$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe témoin en post-test.

$\bar{\mu}_1$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe expérimental en pré-test.

$\bar{\mu}_2$: est la moyenne des résultats obtenus chez les sujets du groupe témoin en pré-test.

σ : écart-type de la distribution.

Le protocole de recherche étant ainsi dégagé il nous est à présent possible de présenter le schéma expérimental.

b) Schéma expérimental

- Population des groupes

Les groupes sont constitués par des étudiants de l'Institut National d'Education Populaire et du Sport.

Le groupe expérimental et les sujets témoins sont choisis au hasard parmi les étudiants de la première et de la deuxième année. Chaque groupe est formé de dix étudiants dont les caractéristiques biométriques sont présentées dans le tableau 1a.

Ces étudiants subissent le même régime d'entraînement et ont le même volume horaire hebdomadaire. D'ailleurs le tableau 1b indique clairement le volume horaire de chaque groupe et ceci pour chaque discipline pratiquée.

- Matériel didactique

Le matériel suivant a été utilisé :

- . 10 haies
- . 4 bancs
- . les escaliers du stade Iba Mar Diop
- . des charges allant de 20 kg à 40 kg
- . un double décimètre
- . de la poudre de craie
- . le mur de la salle de musculation

- Traitement

Comme l'on peut s'y attendre, le traitement a fait l'objet d'un entraînement. Ceci suppose l'exécution par les sujets d'un certain nombre d'exercices susceptibles de favoriser les contractions pliométriques. Nous tenons seulement à préciser que quelques principes de l'entraînement ont été suivis notamment la charge croissante, la charge continue, la charge périodisée et la charge optimisée. Toutefois nous nous sommes retenus d'entrer dans telle ou telle filière métabolique.

Ainsi les exercices qui font le contenu de l'entraînement sont les suivants (dans cette partie nous faisons que les citer, l'explication dans les détails est réservée pour la fin de ce même sous-chapitre) :

- Les impulsions pliométriques

- . Passage de haies appel deux pieds
- . Impulsions alternatives sur banc puis impulsions simultanées des jambes toujours sur bancs.
- . Montée et descente des escaliers
- . Dos au mur
- . Impulsions sur banc avec des charges allant de 20 kg à 40 kg.

Le traitement a duré quatre semaines à raison de quatre séances par semaine. Chaque séance se déroule pendant une heure et trente minutes (1 h 30').

Le contenu n'est pas identique pour toutes les séances. Nous avons retenu une certaine marge d'évolution quant à l'intensité et le volume du travail de la première à la quatrième semaine.

Contenu de la première semaine

- . Echauffement généralisé entamé par une course longue de cinq tours.
- . Echauffement spécifique qui est à base d'étirement de tous les muscles du train inférieur.
- . Corps de la séance composé de :
 - * Impulsions successives des jambes sur vingt mètres
 - * Passage de haies à cloche-pied
 - . Passage de haies appel deux pieds (de face et de profil)
 - * Exercice de "dos au mur"
 - * Quelques impulsions sur bancs.

Tous ces exercices sont conçus sous forme d'atelier et nous avons aménagé des périodes de récupération actives à base d'étirement entre chaque situation pédagogique.

Contenu de la deuxième semaine

- . Echauffement généralisé composé de course et de multibonds
- . Echauffement spécifique constitué essentiellement d'impulsions pliométriques
- . Corps de la séance constitué de :
 - * Passage de haies : la hauteur des lattes a légèrement augmenté tandis que le nombre passe au double.
 - * Impulsions sur banc : la hauteur de bancs de la première semaine est considérée comme le niveau 1 et pendant cette semaine on travaille avec trois niveaux. Ce qui signifie que la hauteur du banc est augmentée.

- * Le "drop jump"
- * Le dos au mur.

Contenu de la troisième semaine

A celui de la semaine précédente nous avons ajouté les montées et descentes d'escaliers.

Contenu de la quatrième semaine

Nous avons reconduit les mêmes situations que la troisième mais avec des charges allant de 20 kg à 40 kg. Les charges utilisées sont déterminées par les capacités du sujet. Cependant tous les exercices ne sont pas adaptés à l'utilisation de charges au risque d'avoir des accidents. Par exemple le "drop jump" ne se prête pas à l'utilisation des charges. Ainsi donc les exercices d'impulsions sur banc sont les plus utilisés. Là également la hauteur du banc est considérée, ce qui nous a conduit à retenir trois hauteurs (50 cm, 40 cm et 30 cm).

Il faut préciser que durant cette semaine la fin de la séance est réservée à des exercices d'assouplissement pour éviter que nos sujets aient les muscles "liés" ou "noués".

- Consignes

Les instructions données ont trait à la manière d'exécuter les différents exercices proposés. Nous voulons veiller à ce que tous les sujets du groupe expérimental subissent le traitement de la même manière. Ainsi avant chaque exercice des consignes précises sont données afin que l'exécution du geste soit correcte et que l'objectif visé soit atteint. Ces instructions diffèrent suivant le type d'exercice.

Présentation des exercices

. Dos au mur ou position chaise

Le sujet est au départ debout le dos en contact avec le mur. Il s'agit ensuite de fléchir des genoux, descendre le long du mur en gardant le dos toujours en contact avec le mur. La flexion se poursuit jusqu'à ce que la cuisse fasse avec le mollet un angle de 90° environ. Dans cette position on est comme assis sur une chaise et seuls le dos contre le mur et les pieds au sol servent d'appuis. Les mains sont dans le prolongement du corps. Le temps de maintien de cette position évolue au cours des séances.

Les impulsions pliométriques

On parle d'impulsions pliométriques parce qu'il y a un étirement préalable suivi d'une contraction responsable de l'impulsion. En fait la contraction pliométrique combine l'excentrique et la concentrique. Le sujet est au départ fléchi jusqu'à ce que le muscle soit étiré de manière optimale (environ 90°) pour ensuite effectuer une impulsion des jambes.

Le "Drop jump"

Il s'agit de sauter en contrebas à partir d'une hauteur de 50 cm environ et enchaîner avec une impulsion.

Le passage de haies

Il ne s'agit de passage comme lors d'une course de 110 m haies par exemple. Les haies sont utilisées comme obstacles devant obliger le sujet à sauter haut tout en respectant le départ fléchi des jambes pour un meilleur étirement du muscle. Au fil des séances la hauteur comme le nombre de haies augmentent.

Les impulsions sur banc

Là il s'agit d'exercices simples où le sujet effectue alternativement des impulsions sur une jambe puis sur l'autre. A chaque impulsion la jambe posée sur le banc doit être entièrement étendue au-dessus de lui. Le principe est le même avec les charges.

III - PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

1 - PRESENTATION DES RESULTATS

Tous les résultats auxquels a abouti cette étude vous sont présentés à travers ces différents tableaux qui suivent. La légende de ces tableaux indique clairement les scores individuels, les moyennes et écart-type des groupes ainsi que la comparaison des différentes moyennes.

Le calcul des moyennes et écart-type a été fait par ordinateur.

La comparaison du t trouvé et du t donné par la table suivant le nombre de degrés de liberté indique si les résultats sont significatifs ou pas.

Sujets \ C.B	AGE (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)
Diallo (M)	24	70	180
Diatta (J.B)	23	64	167
Dione (P)	24	81	190
Diouf (A)	23	71	175
Diouf (J.A.)	25	69	180
Mbacké (M)	23	68	182
Mbaye (M)	22	58	172
Niane (G)	25	75	187
Ndiaye (M)	28	56	168
Niang (M)	22	53	163
\bar{X}	25,13	65,18	175,6
σ	$\pm 3,07$	$\pm 7,84$	$\pm 4,72$

Tableau Ia : Caractéristiques biométriques des sujets du groupe expérimental

Sujets	C.B	Age (ans)	Poids (kg)	Taille
Ben Adj (A.T)		25	66	175
Camara (M)		30	65	170
Cissokho (L)		23	58	168
Dione (C)		20	70	183
Diouck (A.M.)		23	65	172
Faye (Ed)		22	72	186
Gueye (B)		29	66	176
Lamtougui (Y)		23	67	175
Manga (J.J.)		25	63	176
Sarr (I)		25	68	172
\bar{X}		24,5	66	175,3
σ		$\pm 2,95$	$\pm 3,63$	$\pm 5,23$

Tableau Ia bis : Caractéristiques biométriques des sujets du groupe témoin.

Volume horaire Disciplines	A la semaine (mn)	Au mois (mn)
Athlétisme	270	1080
Gymnastique	180	720
Combat	180	720
Natation	270	1080
Basket-ball	90	360
Hand-ball	90	360
Volley-ball	90	360
Foot-ball	90	360
\bar{x}	157,5	630
σ_{n-1}	$\pm 79,78$	$\pm 319,11$

Tableau Ib : Volume horaire de tous les sujets dans toutes les disciplines sportives pratiquées.

Sujets \ Tests	Squat jump (cm)	Counter mouvement jump (cm)	CMJ - SJ (cm)
Ben Adj (A)	72	76	04
Camara (M)	45	46	01
Cissokho (L)	52	54	02
Dione (C)	55	56	01
Diouck (A.M)	46	58	08
Faye (Ed)	55	57	02
Gueye (B)	50	52	02
Lamtougui (Y)	49	50	01
Manga (J.J)	55	58	03
Sarr (I)	58	62	04
\bar{x}	53,70	56,50	2,8
σ	$\pm 6,69$	$\pm 8,15$	$\pm 2,15$

Tableau 4 : Valeurs individuelles des sujets du groupe témoin pendant les deux modalités d'épreuves pour le post-test.

Sujets \ Tests	Squat jump (cm)	Counter mouvement jump (cm)	CMJ - SJ (cm)
Diallo (M)	60	60	00
Diatta (J.B)	71	76	05
Dione (P)	58	61	03
Diouf (A)	51	66	05
Diouf (J.A)	61	64	03
Mbacké (M)	65	70	05
Mbaye (M)	62	65	03
Niane (G)	50	55	05
Ndiaye (M)	65	68	03
Niang (M)	60	63	03
\bar{X}	60,3	64,8	3,5
σ	$\pm 6,33$	$\pm 5,79$	$\pm 1,58$

Tableau 5 : Valeurs individuelles des sujets du groupe expérimental pendant les deux modalités d'exercices à l'issue du post-test.

Pré-test

Tests	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ- SJ (cm)
Moyenne	53,500	55,800	2,300
Ecart-type	± 7,820	± 7,642	± 2,31

Post-test

Tests	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ-SJ (cm)
Moyenne	53,700	56,500	2,800
Ecart-type	± 7,689	± 7,705	± 2,15
Gain de traînabilité : $\Delta\%$	0,37	1,25	-
Test t	- 5,766	- 1,980	0,284 <i>non significative.</i>

Tableau 6 : Moyennes et écarts-types des principales variables étudiées chez les sujets témoins à l'issue du pré-test et du post-test.

Pré-test

TESTS	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ - SJ (cm)
Moyenne G.E	53,400	57,200	3,800
E.T du G.E	$\pm 3,94$	$\pm 4,49$	$\pm 2,94$
Moyenne G.T	53,500	55,800	2,300
E.T du G.T	$\pm 7,82$	$\pm 7,64$	$\pm 2,31$
Test t	$- 3,609.10^{-2}$	+ 0,948	- 1,347

Post-test

TESTS	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ-SJ (cm)
Moyenne G.E	60,300	64,800	3,5
E.T du G.E	$\pm 6,33$	$\pm 5,79$	$\pm 1,58$
Moyenne G.T	53,700	56,500	2,8
E.T de G.T	$\pm 6,69$	$\pm 8,15$	$\pm 2,15$
Test t	+ 2,587	2,624	- 1,003

Tableau 7 : Moyennes et écarts-types des mesures pendant les deux types d'épreuves à l'issue du pré-test et du post-test.

Comparaison des moyennes par le test t.

B.E : groupe expérimental G.T : témoin

E.T : écart-type

Pré-test

TESTS	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ-SJ (cm)
Moyenne	53,400	57,200	3,80
Ecart-type	3,949	4,492	2,94

Post-test

TESTS	SJ (cm)	CMJ (cm)	CMJ-SJ (cm)
Moyenne	60,300	64,800	3,500
Ecart-type	6,33	5,79	1,58
Gain de traînabilité : Δ %	11,5	12,4	-
Test t	+ 2,926	+ 3,280	- $5,008.10^{-1}$

Tableau ³ : Moyennes et écarts-types des différentes mesures chez les sujets du groupe expérimental.

2 - DISCUSSION

Les tableaux 2 et 3 renseignent sur le comportement individuel de nos sujets du groupe témoin et du groupe expérimental au cours des deux modalités d'exercices. La différence arithmétique de ces deux modalités d'épreuves (CMJ-SJ) met en évidence en valeur absolue le degré de participation de la force élastique. Le tableau 2 montre une assez grande dispersion des résultats individuels de nos sujets témoins au cours des tests sélectionnés pour les besoins de notre travail. La plus faible valeur mesurée lors de la première modalité d'exercice est de 44 cm alors que nous pouvons noter un pic de 72 cm. La moyenne mesurée est sensiblement égale à 53 cm. Ce qui situe notre groupe au-dessus de la moyenne habituellement citée par la littérature (SHEPHARD 1971, SIMONS et coll 1980 ; FALL et PIRNAY 1989). Les valeurs mesurées dans la deuxième modalité d'exercice (CMJ) sont légèrement plus élevées que dans la première modalité (SJ). La moyenne du groupe est en effet sensiblement égale à 56 cm. Cette valeur est due à l'étirement préalable des fibres musculaires du quadriceps qui ont ainsi emmagasiné de l'énergie potentielle aussitôt restituée lors de l'impulsion sous forme d'énergie élastique augmentant ainsi le rendement mécanique de nos sujets.

La différence arithmétique des deux tests montre des valeurs assez homogènes dans l'ensemble du groupe témoin. Nous pouvons noter quand même un score assez élevé de 8 cm chez l'un des sujets, ce qui témoigne d'une qualité de détente très prononcée due probablement à un recrutement sélectif des fibres rapides ou FT.

Le tableau 3 rassemble les valeurs individuelles des sujets du groupe expérimental au cours du pré-test pour les deux épreuves. Les moyennes mesurées sont respectivement de 53,4 cm pour le "squat jump" et de 57,2 cm pour l'épreuve du "counter mouvement jump". Ces valeurs sont très proches de celles du groupe témoin. Les faibles dispersions $\pm 3,94$; $\pm 4,5$ et $\pm 2,94$ pour respectivement le "squat jump", le "counter mouvement jump" et la différence CMJ-SJ nous renseignent sur la très grande homogénéité inter-individuelle des sujets. Nous pouvons cependant relever les exceptions suivantes : dans la première modalité nous avons un pic de 58 cm et dans la deuxième modalité un maximum de 65 cm alors qu'un score appréciable de + 10 cm a été obtenu à partir de la différence arithmétique de ces deux tests.

Le tableau 4 rend compte des valeurs individuelles de nos sujets témoins pendant les deux modalités d'efforts à l'issue du post-test. Les valeurs moyennes mesurées dans ce groupe sont respectivement 53,7 cm pour le "squat jump", 56,5 cm pour le "counter mouvement jump" et 2,8 cm pour la différence CMJ-SJ. Nous pouvons toujours noter la disparité qu'il y a dans le groupe soulignée par les écarts qui sont de $\pm 6,69$ pour le "SJ" et $\pm 8,15$ pour le "counter mouvement jump". Même si ces scores sont supérieurs en valeur absolue aux valeurs mesurées lors du pré-test, ils sont statistiquement non significatifs comme le montre le tableau 6. Ce tableau compare les moyennes des principales variables étudiées dans le même groupe pendant le pré-test et le post-test.

A la lumière de ces considérations objectives nous pouvons dire que le grain de trainabilité chez ces sujets reste très faible, ce qui est fort compréhensible car les sujets n'ont pas subi de traitement spécifique.

Le tableau 5 regroupe les mesures individuelles des sujets du groupe expérimental pendant les deux épreuves à l'issue du post-test. La moyenne et l'écart-type pour chaque modalité d'épreuve sont représentés. Les valeurs moyennes mesurées dans ce groupe sont respectivement pour le squat jump, le counter mouvement jump et la différence CMJ-SJ de 60,5 cm, 64,8 cm et de 3,5 cm. Les scores sont nettement améliorés chez ces sujets par rapport à ceux mesurés lors du pré-test. Il y a donc un gain appréciable de trainabilité. Il est de l'ordre de 11,5% pour le squat jump et de 12,4% pour le counter mouvement jump. Ce qui est statistiquement très significatif.

Nous notons toutefois que la différence CMJ-SJ n'est pas significative comme le montre clairement le tableau 8 qui reprend les moyennes et les écarts types des différentes mesures chez les sujets du même groupe avant et après le traitement. Nous remarquons également une disparité chez ces sujets qui avaient au pré-test une grande homogénéité inter-individuelle. En fait les nouveaux écarts types trouvés sont respectivement pour le squat jump et le counter mouvement jump de $\pm 6,33$ et $\pm 5,79$.

Alors que nous avons noté un gain de trainabilité après l'entraînement pliométrique chez nos sujets du groupe expérimental, il en est autrement chez les sujets témoins. Ce gain de trainabilité est de l'ordre de 0,37% pour le squat jump et de 1,25% pour le counter mouvement

jump pour ces sujets témoins à l'issue du post-test. Les valeurs ne sont pas significatives sur le plan statistique comme le montre le tableau synoptique n° 6 qui compare les moyennes des principales variables étudiées chez les mêmes sujets. Statistiquement non différents au départ car étant très homogènes, nos deux groupes se distinguent nettement au niveau des qualités de détente verticale en faveur du groupe expérimental après un délai de quatre semaines (tableau 7). Les sujets du groupe ayant subi un entraînement spécifique ont objectivement amélioré leur qualité de détente verticale. Cependant cette amélioration est plus nette dans la deuxième modalité d'épreuve (CMJ) car elle permet un plus grand étirement des fibres musculaires mises en jeu et donc d'un plus grand stockage d'énergie potentielle par les structures élastiques du muscle.

Cependant nous n'avons pas trouvé de différence significative entre nos deux groupes sur le plan statistique en ce qui concerne la différence (CMJ-SJ). D'après COMETTI et coll (1989) il faut astreindre les sujets à l'entraînement du type pliométrique au moins pendant 6 semaines si l'on veut avoir une différence (CMJ-SJ) significative et le maximum de cette différence s'observe aux environs de 12 semaines. Mais pour des raisons de calendrier nous avons dû arrêter le conditionnement pliométrique après 4 semaines, ce qui explique ces résultats insuffisants.

En définitive la comparaison des deux groupes expérimental et témoin nous a permis de confirmer l'hypothèse de travail. Nous pouvons donc affirmer que l'entraînement du type pliométrique améliore considérablement la détente verticale.

Par conséquent il faudrait à l'avenir que dans chaque programme d'entraînement une partie soit réservée à la pliométrie en vue d'une augmentation de la qualité de détente qui est sollicitée dans d'innombrables sports.