



Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem



Institut d'Education Physique et Sportive

THÈSE

Présenté pour l'obtention du grade de doctorat

Spécialité : entraînement sportif

Sous le thème :

*Effet prononcé du stretching passif sur la performance
dans les sports à dominante force et vitesse.
(Cas du football)*

Par :

Mokkedes Moulay Idriss

sous la direction du :

Pr Bengoua Ali

Devant un jury composé de :

Pr Bendahmane nasser eddine université de Mostaganem

Dr Benmessbah kamel université d'Alger

Dr Kassemi ahcen université d'Alger

Dr Kabouia mohammed université de M'sila

Dr Dris khoudja mohamed réda université de Mostaganem

Juin 2015



Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem



Institut d'Education Physique et Sportive

THÈSE

Présenté pour l'obtention du grade de doctorat

Spécialité : entraînement sportif

Sous le thème :

*Effet prononcé du stretching passif sur la performance
dans les sports à dominante force et vitesse.
(Cas du football)*

*Par :
Mokkedes Moulay Idriss*

*sous la direction du :
Pr Bengoua Ali*

Devant un jury composé de :

Pr Bendahmane nasser eddine université de Mostaganem

Dr Benmessbah kamel université d'Alger

Dr Kassemi ahcen université d'Alger

Dr Kabouia mohammed université de M'sila

Dr Dris khoudja mohamed réda université de Mostaganem

Juin 2015

REMERCIEMENT

Je remercie " **ALLAH** " le tout puissant de m'avoir donné la patience et la persévérance, pour mener à terme cette modeste étude.

J'adresse mes remerciements à Mr le professeur **BELHAKEM MUSTAPHA** président de l'université, et le directeur de l'institut le Pr **BENKAZDALI Hadj Mohamed**, ainsi que tout le staff pédagogique et administratif de l'IEPS .

Je remercie les membres du jury pour avoir accepté d'expertiser ce travail ainsi que pour les observations et les critiques émises qui ne feront que renforcer de ma volonté de toujours apprendre plus.

J'exprime ma reconnaissance au Pr **Bengoua ALI** , professeur à l'université de abdel hamid ibn badis de Mostaganem, pour nous avoir fait l'honneur de diriger nos travaux . En pédagogie averti, il nous a inspiré et guidé dans notre recherche ; il nous a également encouragé à persévérer.

Au delà de l'expérience vécue, j'ai eu, en exemple, son sens du devoir accompli, du dévouement et de la responsabilité.

Que ce travail soit le témoignage de ma gratitude et de mon profond respect.

J'adresse mes vifs remerciements aux directeur technique du club amateur de football de sidi brahim et de sfisef, aux docteur **ZERF MOHAMMED**, aux entraîneurs et aux joueurs pour leurs précieuse aide et collaboration.

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes que je n'avais pas citées et qui m'ont assistées dans la réalisation de ce travail.

Dédicaces

-A vous mes parents, ma femme, mes enfants et mes frères.

SOMMAIRE

Résumé en français

Résumé en anglais

Introduction générale.....1

Premiere Partie

Approche theorique

du stretching et ces effets sur les performances sportives

CHAPITRE I : Revue de littérature..... 7

CHAPITRE II : Définition et concepts

1-Notion de stretching..... 21

2-Notion de performance sportive..... 27

3-Notion de sprint..... 28

4- Notion de sport 31

5- Notion physiologique 31

CHAPITRE III : Approche physiologique

1-anatomie et fonction des muscles squelettiques 36

2-La mécanique musculaire..... 39

3-Les autres éléments de l'appareil locomoteur..... 43

4-Les reflex 51

5- Le tonus musculaire..... 56

6- Les systèmes énergétiques..... 57

CHAPITRE IV :

Les exigences physiques du football moderne

1- L'entraînement en football..... 62

2-. La condition physique..... 62

3- Les composantes de la condition physique

a)- l'endurance 63

b)- la force..... 69

c)- la vitesse..... 73

d)- la coordination.....	75
e)- la souplesse.....	79

Deuxieme Partie

La realisation de l'experimentation et ses resultats

CHAPITRE I : Méthodologie de la recherche.

1- Etude d'exploration (pré-enquête).....	88
2-But de la recherche.....	101
3-Objectifs et taches.....	101
4-hypothèses.....	102
5-méthode.....	102
6- matériels et outils de recherche.....	102
7-Identification et contrôle des variables.....	102
8- traitement statistique.....	110

CHAPITRE II : Analyse et interprétation des résultats

1- Résultats statistiques analytiques de la phase « a »condition de no stretc (contrôle).....	115
2- Résultats statistiques analytiques de la phase « b »condition de stretching	119
3- Résultats généraux des comparaisons des moyennes par un T-STUDENT des échantillons appariés.....	132
4- Corrélacion entre le groupe Stretch et No Stretch	137

CHAPITRE III : Discussion générale et conclusion

- Discussion générale	141
-Conclusion générale et recommandations.....	160

Bibliographie

Annexes

Liste des figures

N	Liste des figures	P
1	Stretching musculaire et excitabilité des motoneurone d'après Gissard et al.1988	9
2	Structure du muscle strié squelettique	36
3	L'unité musculo-tendineuse	38
4	Les composantes de la myofibrille	38
5	Le sarcomère, l'unité fonctionnelle d'une myofibrille	39
6	Glissement des myofilaments d'actine (fins) et de myosine (épais) au cour de la contraction	41
7	Mise en évidence du glissement des filaments composant le sarcomère	42
8	L'organe tendineux de Golgi	45
9	Circuits réflexes médullaires du système musculo-tendineux	47
10	Relation stress-déformation	50
11	Image obtenue par microscope électronique de fibre collagène d'un ligament de genou humain relâché (A) et en charge (B)	51
12	Fonctionnement de l'arc réflexe	52
13	Protocole expérimentale	99
14	Indiquant le test d'agilité proposé par G.Cazorla pour l'équipe de bordeaux en 2004	107
15	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur SJ	122
16	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu surCMJ	122
17	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur 10m	125
18	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur 30m	125
19	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur souplesse	128
20	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur l'agilité	129
21	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur la VMA	131
22	Comparaison des moyennes en SJ	133
23	Comparaison des moyennes en CMJ	133
24	Comparaison des moyennes en VIT 10m	134
25	Comparaison des moyennes en VIT 30m	134
26	Comparaison des moyennes en Agilité	135
27	Comparaison des moyennes en souplesse	135
28	Comparaison des moyennes en VMA	136
29	Diminution de la vitesse de course par l'effet aigu du stretching passif	144
30	Influence de l'interaction stretching x durée de jeu sur souplesse	148

Liste des tableaux

N	Liste des tableaux	P
1	Les techniques de stretching les plus utilisées	26
2	Autres techniques de stretching selon Ph. MAQUAIRE	27
3	Performances en sprint selon le niveau de jeu, le niveau d'entraînement et les distances	30
4	Récapitulatif des résistances à l'allongement des différentes composantes anatomiques par rapport à la résistance articulaire totale	48
5	Indiquant la fidélité et la validité des tests	97
6	Test « T » des échantillons appariés du pré enquête	97
7	Mesures anthropométriques et physiologiques des 19 footballeurs de l'étude	100
8	Analyse générale des variances en fonction de la P au cours des durées de jeu	116
9	Analyse des variances en fonction de la P au cours des durées de jeu concernant le contre mouvement jump	117
10b	Analyse générale des variances	120
11b	LSD SJ et CMJ	121
12b	LSD VIT 10m ET 30m	124
13b	LSD souplesse ,agilité	127
14b	LSD VMA	130
15	Résultats généraux des comparaisons des moyennes par un T-STUDENT des échantillons appariés	132
16	Corrélation entre le groupe Stretch et No Stretch .	137

ABREVIATION

PNF : proprioception neuro-musculaire facilitation(assouplissement neuro-musculaire proprioceptif).

CR : technique du contracter relâcher.

CRE : technique du contracter relâcher étirer.

Deg/s : degré par seconde.

CVM : une contraction volontaire maximale.

OTG : Organes Tendineux de Golgi.

r : Coefficient de corrélation de BRAVAIS-PEARSON.

P : Signification.

Staps : sciences et technologies des activités physiques et sportives.

M : Moyenne arithmétique.

Et : Ecart-type.

I C : Indice de convergence.

t:test t de STUDENT-FISHER.

F :le test de F de SNEDECOR.

d : la différence entre deux échantillons.

N :nombre.

Sig : signification.

I C : Intervalle de confiance.

Esm : Erreur standard moyenne.

D : Défenseurs.

M : Milieux.

A : attaquants.

CMA : complexe musculo-articulaire.

RMA : raideur musculo-articulaire.

SP : stretching passif

RESUME

Effet prononcé du stretching passif sur la performance dans les sports à dominante force et vitesse. Mokkedes Moulay Idriss

Les vérités d'hier ne sont souvent pas celles d'aujourd'hui et encore moins celles de demain. Telle va la science. Elle avance, qu'on le veuille ou non. Mais pour bénéficier aux mieux de ses avancées, il est nécessaire de confronter les résultats aux données et observations de terrain. Le stretching est fréquemment présenté par les entraîneurs comme un facteur d'amélioration de la performance sportive lorsqu'il est utilisé pendant l'échauffement pour une compétition, pour favoriser et accélérer la récupération après une séance d'entraînement intense et pour la prévention des blessures. L'intérêt de la présente recherche porte précisément sur la relation entre le stretching passif et la performance sportive en fonction de la durée de jeu. La procédure vise à inclure un stretching passif pendant la phase d'échauffement qui précède l'épreuve de sprint de sauts, d'agilité, de souplesse et de VMA chez les footballeurs professionnels et à étudier l'effet du stretching passifs sur les performances en fonction des durées de jeu (après 2min de repos, 15min de jeu, 30min de jeu et 45min de jeu). Pour ce faire les athlètes sont mis en deux situations la première consiste à courir pendant 5min suivie d'une session de stretching passif tandis que la seconde ne contient plus de stretching passif préalable. Cette évaluation indépendante de la valeur réelle de la performance des athlètes va nous permettre de déterminer la variabilité de l'effet du stretching passif qui précède les épreuves. Les résultats montrent que la pratique du stretching passif pendant l'échauffement a détérioré variablement les performances. De là espérons que toutes ces expérimentations vont contribuer à la résolution d'un des problèmes majeurs de la complexité de l'entraînement de la souplesse et apporté un plus aux résultats scientifiques les plus récentes pour optimiser les effets du stretching passif.

MOTS CLES, stretching passif, performance en football, effets prononcés

Abstract

Pronounced effect of passif stretching on performance in sports dominant strength and speed Mokkedes Moulay Idriss¹

¹ *Sciences of sport training department, Sports and Physical Education Institute, Abdel amid Ibn Badis University, Mostaganem,Algeria.*

The objective of the present study was to investigate the effects of passif stretching alone on subsequent agility, sprinting, and jump performance. two different stretching protocols: (a) static stretch (SS) to point of discomfort (POD); (b) a control warm-up condition without stretching were implemented with a prior aerobic warm-up and followed by dynamic activities. Dependent variables included a 10-m and 30-m sprint, agility run, VMA, jump and measure of flexibility tests. The control condition showed significant differences ($p = 0.05$) for sprint, agility run, VMA, jump and measure of flexibility tests faster than the PS,POD condition. There were variable effects during the four phases of play .The performances were effected during the first time (D1) ,muscular capacities recuperation in the second (D2),significate progresses in the theired (D3) and stability with some perturbation in the last (D4). The lack of stretch-induced impairments may be attributed to the trained state of the participants or the amount of time used after stretching before the performance.

Participants were either amators or régional level football athlets who trained 3–4 times a week with each session lasting ;90 minutes. Based on these findings and the literature, trained individuals who wish to implement static stretching should include an adequate warm-up and dynamic sport- specific activities with at least 5 or more minutes of recovery before their sport activity. **KEY WORDS**, passif stretching, football performance, pronounced effects

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La diversité des méthodes de stretching et leurs effets sur la performance sportive sont très documentés, mais très peu de travaux se sont intéressés à l'étude de la période durant laquelle persiste ses effets et quels types de tache musculaire pourront permettre à l'athlète à reprendre ses capacités de force et de vitesse. De façon à approfondir nos connaissances dans ce domaine, nous avons donc étudié les effets du stretching passif (méthode la plus utilisée) après des efforts intermittents prolongés (cas de football). Les résultats les plus intéressants de la recherche de (Chaouachi A et al 2010) étaient que, le stretching passif à intensité maximal ou sous-maximal (\leq POD (point of discomfort)) n'a pas d'incidence négative sur la performance. Ainsi, le stretching Dynamique n'a pas augmenté ni nuire à la performance qu'elle soit menée séparément ou conjointement avec le stretching passif. Bien que la majorité des études rapportent une déficience induite par le stretching passif (SP), il y'a des études qui n'ont montré aucun déficit pour le temps de sprint (Vetter, RE, et al 2007) l'économie de course (Hayes, PR and Walker, A, 2007), et les performances de saut (Power, K, et al 2004) (Robbins, JW and Scheuermann, BW, 2008) (Young, W, Elias, G, and Power, J, 2006). Néanmoins, le stretching dynamique ou balistique a été signalé pour améliorer les performances en puissance (Yamaguchi . 2005), le saut vertical (Woolstenhulme, MT et al. 2006), le temps de sprint (Fletcher, IM and Anness, R. 2007), et l'agilité (Little, T and Williams, AG. 2006).

Alternativement, d'autres études n'ont rapporté aucun changement dans la contraction volontaire maximale (CVM) force (Herda, TJ, Cramer, JT, Ryan, ED, Mchugh, MP, and Stout, JR. 2008), contre-mouvement, et baisse de saut hauteurs (Torres, EM, 2008) concernant le dynamique stretching (DS) avant. Par conséquent, la présente étude est en accord avec un certain nombre d'études dans la littérature sur les effets du stretching passif préalable. L'absence de perturbations induites par le stretching passif trouvé dans d'autres études peut être liée à un certain nombre de

facteurs. Y compris l'âge, le niveau de préparation des athlètes, le volume et l'intensité du protocole du stretching passif, et l'intervalle de récupération entre le stretching passif et les tests. Jusqu'à nos jours, aucune étude n'a mis en évidence combien de temps peuvent persister les effets du stretching passif incorporés dans les phases d'échauffement, et ce durant ou après la réalisation d'un effort prolongé de type intermittent force et vitesse exp : un match de football. Excepté une étude qui est celle de (Fowles, J. R. et al, 2000) qui ont pu montrer que l'activation musculaire (plan neuromusculaire) et la force contractile (plan mécanique) des fléchisseurs plantaires ont été diminuée par l'effet du le stretching passif, cette perte de force estimée à 9% au dessous de la normale est toujours présente une heure après l'exécution du le stretching passif. Alors que l'activation (EMG) est vite récupérée (15 min). Un stretching passif peut produire un gain de relâchement qui se traduit par une diminution de la raideur (moins de résistance à l'allongement), de déformation (moins d'énergie absorbée lors de l'adaptation au stress imposé) et de la viscoélasticité. Ces effets atteignent des valeurs maximales au bout du 10^e étirement et disparaissent en une heure (Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M., 1996b) .

Tous les protocoles expérimentaux basés sur la méthode de test et retest utilisés par la majorité des auteurs, commence la réalisation des retests après seulement 2 à 5 minutes de récupération soit active (marche) ou passive pour accomplir ces derniers. (Gilles Cometti, 2003) dans ses travaux remet en question la place et l'importance accordée au stretching qui avait pour but d'améliorer l'amplitude articulaire et qui s'est vu progressivement attribuer des vertus quasi universelles allant du rôle primordial pour l'échauffement à la prévention des accidents, en passant par la musculation et la récupération. Plusieurs études démontrent l'impact négatif du stretching passif introduit pendant l'échauffement pour une compétition. Ces effets ont été démontrés sur des efforts de vitesse, de force et surtout de sauts (détente). (Nelson et al. 2005) atteste à travers une étude récente dont le but était d'examiner les temps de vitesse de course (ce

qui fait intervenir des mouvements explosifs à haute vitesse) chez des athlètes très entraînés sur 20 mètres. Par rapport à l'absence du stretching, le stretching passif avaient pour effet de réduire de manière significative les performances en augmentant les temps de vitesse de course. Yamaguchi (2005) a pu conclure qu'un stretching dynamique a un effet bénéfique par apport au stretching statique de 30 secondes sur la puissance d'extension des membres inférieures. (Dintiman GB, 1964) a observé l'amélioration des performances de vitesse précédées d'une séance de stretching passif. En introduisant deux protocoles de stretching (passif et actif) dans l'échauffement d'un test d'une répétition maximale (1RM) pour les extenseurs et les fléchisseurs du genou, (Kokkonen, J., Nelson, A. G., & Cornwell, A, (1998)) ont constaté que le stretching passif avait un impacte négatif sur la production de la force contractile aussi bien que le stretching actif par rapport au groupe témoin sans stretching préalable. Plus tard viennent les résultats de (Nelson, 2001c) confirmer cette baisse de force mais cette fois avec un protocole différent (un stretching balistique). Il a enregistré une baisse de force de 7 à 8% pour les extenseurs et les fléchisseurs du genou (mêmes groupes musculaires). Il a conclu que l'introduction du stretching dans la phase d'échauffement qui précède une compétition exigeant de la force est déconseillée. En ce qui concerne la vitesse, (Wiemann K., Klee A., Stratmann M, 2000) montrent que le stretching passif a une influence négative sur le niveau de prestation sur des successions d'actions de force rapide : après une séance de stretching de 15 minutes au niveau des fléchisseurs et des extenseurs de la hanche, les alternée avec des sprints de 40 mètres , le temps de course des athlètes augmente de 0,14 secondes alors qu' aucune augmentation significative du temps de course (+ 0,03s).n'a été enregistré chez le groupe contrôle qui ne faisait que de la course lente entre les sprints .

Au vue des études précédentes on constate que l'introduction de techniques faisant appel au stretching avec ses différentes modalités au cours de l'échauffement des sports de force-vitesse est controversée.

Donc notre intervention met l'accent sur la durée et le type des efforts réalisés après les séquences de stretching utilisées pendant l'échauffement pour voir quand est-ce que les athlètes vont récupérer leurs capacités de force et de vitesse qui sont très réduites en football **et voir si les effets néfastes persistent**. Le développement d'une grande puissance musculaire est très demandé en football moderne pour maximiser les performances des joueurs en sprint et en détente Young, W.B., M.H. McDowell, and B.J. Scarlett. , (2001). Les efforts bref et intenses comme les sprints, les reprises de vitesse et les changements de direction sont des facteurs qui exigent une importante demande énergétique Selon Billat, V., (1998), avec une activation enzymatique conséquente selon Garry JP, McShane MD, (2000), une amélioration des composantes élastiques du muscle selon (Carminati, Y. and Di Salvo, V., 2003);, et une augmentation de la température musculaire (36° à 39,4°) selon (Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. and Bangsbo, J., 2004).. **Comment donc une méthode stretching passif utilisée avant l'exercice physique comme moyen d'amélioration va-t-elle agir sur le sujet et qu'elles peuvent être les conséquences durant la réalisation de la performance ?**

Cela revient à dire si l'influence positive ou négative du stretching passif sur la performance sportive en football persiste durant un match. C'est la notre problématique.

Dans le but de montrer les conséquences atténuante ou non atténuante de l'effet du stretching passif sur la performance sportive en football considéré comme un sport intermittent « court- court » (Dellal A, .2008), exigeant une grande faculté de force et de vitesse (puissance), nous mettrons en œuvre un plan expérimental inspiré des études similaires récentes et modelé suivant l'exigence de la discipline sur laquelle s'est basée notre expérimentation à travers notre recherche. Pour cela, dans notre première partie, nous explorerons le champ théorique relatif aux stretching et à son effets sur les performances ainsi qu'une approche physiologique visant à expliquer les différents impacts du le stretching passif sur le complexe musculo-tendineux. La

deuxième partie de notre recherche sera centrées sur l'expérimentation visant à mettre en évidence les effets du stretching passif sur la performance en football et nous analyserons et interpréterons également les résultats de cette expérimentation. La discussion générale qui s'en suivra constituera la réponse à la question posée.

Si on est face à l'élimination ou le maintien de ses techniques de stretching très controversés, c'est que La qualité de l'échauffement réalisé avant la compétition exprime l'importance de cette dernière.

Contrairement à tous ce qu'a rapporté la littérature en matière de protocole expérimentale utilisé pour élucider d'une part les effets du stretching (statique, ,dynamique, passif, actif ,PNF) sur les performances en qualité de force (isométrique, concentrique, excentrique ou pliométrique) ;en vitesse (10m,20m,30m,40m,50m,100m) ;en agilité (pour les sport collectif) ; en souplesse pour différentes régions articulaires et même en endurance . D'autre part, tous ses tests d'évaluation ne reflètent pas vraiment les situations réelles du terrain .cependant ,la performance doit être évaluée durant des conditions de compétition pour donner un jugement objectif sur les altérations induites par le stretching, et sa persistance durant toutes les phases de jeu puisque plusieurs auteurs confirme cet état de fait comme (Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D, 2000), qui ont déduit que l'effet sur la force musculaire persista **UNE HEURE** après la session et (Moller M, Ekstrand J, Oberg B, Gillquist J , 1985) qui ont noté une augmentation de compliance du complexe musculo-tendineux pendant une durée de **90 MINUTES** après une séance de stretching passif. La présente étude remet en question l'application de tels protocoles pour les épreuves de longues durées à caractère intermittent comme le football, le handball, le basketball, le volleyball...etc. Cela revient à dire qu'un test d'effort de courte durée n'est pas en mesure de concrétiser les effets du stretching et ses interactions avec la durée de l'épreuve.

Première Partie

*Approche théorique
du stretching et ces effets sur la performance
sportive*

CHAPITRE I :
Revue de littérature

Revue de littérature sur certains effets du stretching

Selon (Halilhodžić, 2007) le football est une véritable source de grandes dépenses énergétique. Les adaptations cardiovasculaires des joueurs à l'effort en match (Dellal, A., Chamari, K., Impellizzeri, F., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., Keller, D, 2008) reflètent son évolution sur le plan physiologique. Le rythme accéléré du jeu avec ses conséquences sur le type d'efforts généralement intermittents (Dellal, A., et al, 2008), a imposée au footballeur moderne de s'adapter pour répondre à ses exigences. Des actions intenses et courtes par joueur et par match caractérisent l'évolution de l'intensité du jeu (Antonin G., 2008). En effet, les proportions en intensité et en durée des courses du footballeur (Cometti, G, 2001), Dellal, A., et al, 2008), ont évolué ces dernières années, en fonction des mi-temps (Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., and Wisløff, U, 2005); du type de championnat (Dellal, A., et al, 2008) du poste (Rampinini, E., Impellizzeri, F., Castagna, D., Abt, G.A., Chamari, K., Sassi, A. and Marcora, M, 2007); (Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., et al, 2007).

Afin de préparer le footballeur à ces facteurs de stress, un échauffement adéquat est mis en place pour réduire la probabilité de survenue d'une blessure lors de ses compétitions. Traditionnellement, le stretching statique fait partie intégrante dans l'échauffement du footballeur principalement axés sur les muscles des membres inférieurs les plus sollicités durant le jeu. Ce type d'étirements préalables à l'exercice physique est utilisé par un large public que se soit les athlètes de performance ou les sportifs du week-end, depuis des décennies dans le but d'améliorer les performances et de prévenir les blessures. Suite aux recommandations des communautés scientifique et médicale qui préconisaient la réalisation d'étirements statiques immédiatement avant la pratique sportive. La littérature scientifique

Revue de littérature

Dans les années 80 prétendait que les étirements statiques étaient un bon complément à l'échauffement des sportifs avant l'activité physique (Shellock, F. G. & Prentice, W. E , 1985); (Smith, C. A, 1994). Cependant, les nouvelles publications scientifiques contredisent ses affirmations en évoquant des effets qui nuisent aux performances surtout dans les sports à dominante force et vitesse.

La société scientifique entre praticiens et chercheurs ont ouverts un champ de concurrence pour des éventuelles Connaissances de ces aspects qui influent sur les entraînements et des différents paramètres qui peuvent être La solution d'une nouvelle maîtrise de l'effort et la bonne répartition des sources énergétiques durant les sports de compétitions. Au delà de ces controverses, nous allons de notre côté essayé de présenter les éléments théoriques et pratiques pour permettre une intermittençe entre les partisans et les non partisans du stretching.

La pratique des étirements est réalisée pour rechercher une décontraction musculaire et un gain d'amplitude du mouvement. Celui-ci constitue l'indicateur principal utilisé par les entraîneurs pour mesurer l'efficacité d'un programme d'étirement.. Certaines techniques d'étirement (passif, PNF) diminuent l'excitabilité des motoneurones et facilitent le relâchement.

Pendant les 5 à 10 premières secondes de l'étirement Le relâchement est maximal puis il diminue. A la fin de l'étirement l'excitabilité des motoneurones(α) retrouve son niveau initial permettant au muscle de retrouver son efficacité.

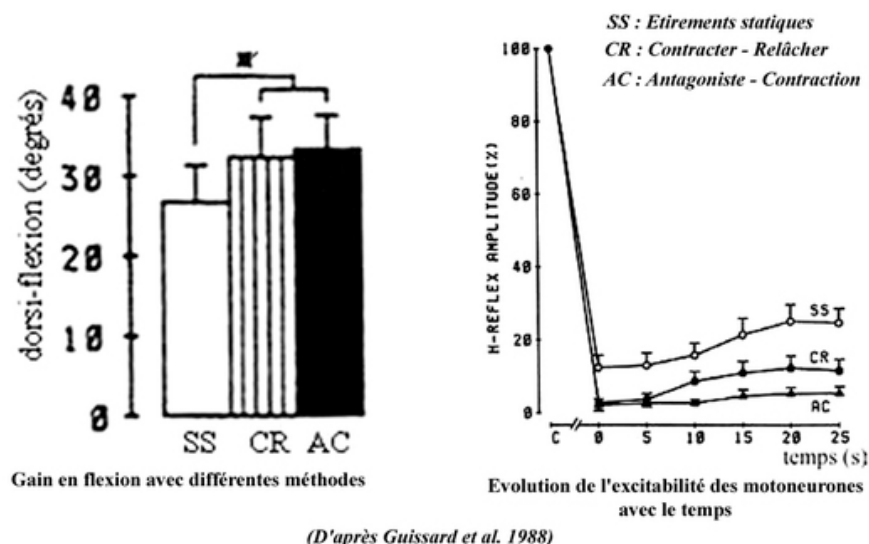


Figure n° 1 : stretching Musculaire et excitabilité des motoneurone d'après Gissard et al.1988

D'après (Guissard N, Duchateau J and Hainaut K., 1988). Le stretching a Un effet immédiat de diminution de la raideur et de la viscoélasticité de la structure musculo-tendineuse. Cet effet ne persiste pas et peut disparaître après la séance. Comme il peut avoir Un effet à long terme d'augmentation de la tolérance à l'étirement. La pour savoir comment les étirements interviennent sur les circuits nerveux nociceptifs et les centres de la perception organes tendineux de Golgie (OTG) et fusaux neuro-musculaires (FNM) la question reste posée mais il apparaît qu'un entraînement régulier à base de stretching aura un effet antalgique sur l'athlète.

L'effet du stretching sur les propriétés élastiques du système musculo-tendineux (SMT)est réparti au niveau des deux composantes élastiques (CEP) et (CES). D'après (Kubo K, Kanehisa H and Fukunaga T, 2002 Feb) Les étirements passif, diminuent la raideur des extenseurs de la cheville et améliorant la flexibilité du complex musculo-articulaire de la cheville. L'entraînement concentrique des fléchisseurs du coude a des effets plus marqués aux faibles niveaux de force D'après (POULAIN P, PERTUZON E, 1988) et (POUSSON

Revue de littérature

M, 1990). L'entraînement concentrique augmente la compliance c'est-à-dire l'inverse de la raideur) : CES plus extensible, alors que l'entraînement excentrique augmente la raideur (CES plus résistante à l'allongement).en fin L'entraînement pliométrique (excentrique + concentrique) engendre une augmentation de la raideur des extenseurs de la cheville.

Concernant l'échauffement, plusieurs vertus ont été attribuées au stretching en allant de la prévention des blessures et l'amélioration des performances jusqu'à son rôle dans la facilitation de la récupération, et qui sont remises en question sur plusieurs aspects, dont l'Augmentation de la température du muscle qui n'est pas lié directement aux étirements mais elle dépend de la vascularisation des muscles. D'ailleurs (Masterovoï Liev, septembre 1964)a démontré qu'une alternance de contractions concentriques contre résistance moyenne, constitue le meilleur moyen pour élever la température du muscle. D'autre part (Alter M. J , 1996)auteur d'un ouvrage remarquable «Science of flexibility », démontre que les étirements provoquent dans le muscle des tensions élevées qui entraînent une interruption de l'irrigation sanguine, ce qui va à l'inverse de l'effet « vascularisateur » recherché. Ainsi, (Wiemann K., Klee A, 2000) insistent sur l'inefficacité du stretching sur l'élévation de la température musculaire. En conclusion les étirements ne permettent pas un échauffement musculaire correct.

L'introduction du stretching dans les périodes d'échauffements qui précèdent les compétitions est supposé une pratique imprudente par un grand nombre d'auteurs car Ces influences négatives ont été présentes sur des efforts de vitesse, de force et surtout de sauts (détente). Les résultats de l'étude pilote dans ce domaine dans les années 60 établissant que les étirements statiques n'avaient aucun effet positif sur les performances dans le 100 yards (DeVries, H. A, 1963).L'influence négative de l'étirement passif a été montré par (Wiemann K., Klee A, 2000)sur le niveau de prestation d'une successions d'actions de force rapide :suite a une séance de stretching de 15 minutes au niveau des fléchisseurs et

Revue de littérature

des extenseurs de la hanche, alternée avec des sprints de 40 mètres des athlètes en activités augmentaient leur temps de 0,14 secondes en comparaison avec le groupe contrôle (+ 0,03s) qui ne faisait que de la course lente entre les sprints. (Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D, 2000) à travers une étude portant sur les fléchisseurs plantaires montre que l'étirement prolongé d'un groupe musculaire diminue la force contractile et l'activation (EMG) du groupe étiré. Cette perte de force persiste jusqu'à une heure.

Deux protocoles de stretching ont été mis en évidence par (Kokkonen, J., Nelson, A. G., and A. Cornwell, 1998) pour un test de 1- Répétition Maximale (1 RM) pour les extenseurs et les fléchisseurs du genou. Une baisse significative de la force a été enregistrée avec des étirements passifs qu'avec des étirements actifs comparativement au groupe sans étirements. Cette baisse de force a été confirmée par (Nelson, A., & Kokkonen, J, 2001c) à travers des étirements de type balistiques. Sa conclusion est que le stretching pré compétition altère la performance. Toutefois, cette théorie n'a pas toujours été étayée, comme l'atteste une étude récente dont le but était d'examiner les temps de vitesse de course (ce qui fait intervenir des mouvements explosifs à haute vitesse) chez des athlètes très entraînés sur 20 mètres. Par rapport à l'absence d'étirements, les étirements statiques avaient pour effet de réduire de manière significative les performances en augmentant les temps de vitesse de course (- Nelson, A. G., Driscoll, N. M., Landin, D. K, Young, M. A. , & Schexnayder, I.C., 2005)

La capacité d'endurance de force peut être affectée par les étirements excessifs cela est montré dans des études faites par (Kokkonen, J., Nelson, A. G., & Arnall, D. A, 2001). Pour un test de répétitions maximales des ischiojambiers une réduction significative du nombre de mouvements enchaînés a été enregistrée suite à un protocole d'étirement.

Une perte de performance en détente de 4% a été démontrée par (Henning E., Podzielny S, 1994) suite à un protocole d'échauffement à base d'exercices de saut et de stretching.

Revue de littérature

Viennent après plusieurs études qui confirment l'inefficacité des étirements pour les sports à dominante détente et force explosives. Ceux-ci sont confirmés par de nombreux auteurs ; (Knudson D, Bennett K, Corn R, Leick D, Smith C, 2001), saut verticale (Church et coll. (2001) Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R, 2001); (Cornwell, A., Nelson, A. G., & Sidaway, B, 2002) SJ et CMJ et baisse de l'activation EMG.

Dans une autre optique, on considère souvent que l'introduction des étirements dans l'échauffement est primordiale pour prévenir les blessures. Plusieurs études viennent contredire cette affirmation. (Shrier, I, 1999) dans une revue de question très documentée (plus de dix articles) constate que les étirements avant l'exercice ne réduisent pas le risque de blessure. Pope et coll. (1998 et 2000) mènent deux études sur des recrues de l'armée (1998 et 2000). La première étude (Pope, R. P., Herbert, R. D., & Kirwan, J. D , 1998) porte sur le muscle triceps sural, ils étudient sur plus de 1500 sujets l'effet de l'introduction de stretching dans l'échauffement pendant 12 semaines en divisant les sujets en 2 groupes (groupe témoin et groupe « étirement »). Aucune différence significative n'apparaît entre les 2 groupes sur 214 blessures constatées sur les aspects musculo-tendineux. La deuxième étude (Pope, R. P., Herbert, R. D., Kirwan, J. D., & Graham, B. J , 2000) porte sur 6 groupes musculaires du membre inférieur avec le même protocole. Là encore aucun effet des étirements ne fut noté. (Van Mechelen W, Holbil H, Kemper HC, Voorn W-J, De Jongh HR , 1993) testent sur une population de 320 coureurs les effets d'un échauffement avec étirements et d'un retour au calme, pendant 16 semaines. Le groupe témoin qui n'effectuait ni échauffement, ni étirement, ni retour au calme a enregistré moins de blessures (4,9 pour 1000 heures d'entraînement) que le groupe expérimental (5,5 pour 1000 heures d'entraînement). (Lally, D. A , 1994) montre que chez des marathoniens (600 personnes) le nombre de blessures est supérieur chez ceux qui pratiquent le stretching (35% de blessures en plus). La pratique du stretching avant ou après les séances d'entraînement

Revue de littérature

n'empêche pas la survenue de blessures musculaires ; elle ne constitue pas une garantie contre les lésions musculaires : claquages, élongations, contractures etc. (Shrier, I, 1999) ; (Pope, R. P., Herbert, R. D., Kirwan, J. D., & Graham, B. J , 2000).

Contrairement à cela (Gerrett, W.E , 1996) affirme que le stretching est nécessaire pour la réduction du risque d'apparition de blessures par une bonne préparation des structure musculo-tendineuse à mieux subir des niveaux de tension élevée et en améliorant la coordination intermusculaire

La pratique exagérée du stretching provoque des effets antalgiques qui ne permet pas la perception de la douleur, donc inhibition des récepteurs sensibles de la douleur ce qui peut causer la survenue soudaine de la blessure. La littérature évoque plusieurs signification de ce phénomène (Shrier, I, 1999) évoque l'effet « antalgique » des étirements. En fait l'explication qui revient de plus en plus chez les auteurs qui étudient le stretching (Magnusson et coll. par exemple) réside dans l'augmentation de la tolérance à l'étirement. L'amélioration des certaines qualité lors d'un exercice de stretching ce n'est en réalité qu'une adaptation et une tolérance à la douleur donc inhibition des récepteurs de la douleur .dans ce cas la blessure peut survenir à tout moment.

Les techniques PNF « Contract-Relax » : étirement précédé d'une contraction isométrique) sont particulièrement efficaces pour parvenir à endormir les FNM et les OTG ainsi que les récepteurs de la douleur. Ces techniques (PNF) sont donc à éviter au cours de l'échauffement. . Les auteurs (Henricson AS, Fredriksson K, Persson I, et al, 1984) (Taylor BF, Waring CA, Brashear TA, 1995), qui ont surimposé de la chaleur ou de la glace aux stretching constatent un gain significatif uniquement sur des étirements passifs (les techniques PNF ne sont pas influencées).

Revue de littérature

Shrier en conclut que ces 2 moyens (chaud et froid) qui agissent sur la tolérance à la douleur permettent d'aller plus loin encore (car la douleur est endormie).

D'après (Wiemann K., Klee A, 2000) , le stretching passif imposent aux muscles des tensions parfois équivalentes à des tensions musculaires maximales. Les structures de la composante élastiques passives du sarcomère la desmine, la connectine et principalement la Titine , fortement sollicitées subissent donc des microtraumatismes défavorables au bon déroulement de la performance qui va suivre. (Wiemann K., Kamphövner M, 1995) dans une expérimentation sur des athlètes féminines pratiquant la gymnastique rythmique suit à un entraînement excentrique du muscle droit antérieur des deux membres inférieurs. Pendant les séances d'entraînement de force, des exercices de stretching passifs étaient faits sur une seule jambe. Après deux jours de l'entraînement, le pic de douleur du membre étiré était plus significatif que l'autre. Il semble que l'entraînement de la force sollicite les myofibrilles de la même façon que l'étirement passif et engendre donc ces microtraumatismes à l'intérieur de la fibre musculaire, auxquels on attribue la production de douleur musculaire (Evans W. J., Cannon J. G, 1987); (Friden J., Lieber R. L, 1992).

la sollicitation passive de certains groupes musculaires avec certaines manœuvres exagérées perturbe la bonne coordination agoniste-antagoniste. ce ratio agoniste/antagoniste doit être respecté pour assurer le bon fonctionnement de certains groupes musculaires .la raideur des ischio-jambiers favorise son travail en excentrique, par contre un minimum de compliance aide les quadriceps en concentrique dans ce contexte Certains auteurs évoquent un rôle « décoordinateur » des étirements.

Parmi les phénomènes provoqué par le stretching, on peut cité le phénomène Creeping qui d'après (Wydra. G, 1997)est la réorganisation des fibrilles de collagène au niveau des tendons qui sont au départ orientées en oblique. Cette disposition peut permettre la bonne transmission de la force générée par la composante contractile au niveau des sarcomères au

Revue de littérature

segments corporels..Cette nouvelle architecture imposée par le stretching long et prolongé sur les structure d'origines des composantes élastiques séries affaiblie la capacité d'emmagasiner de l'énergie élastique restitué (Ullrich. K, Gollhofer.A, 1994).

La réversibilité de ce phénomène n'explique pas sa face cachée, car il est d'une latence très importante, ce qui remet en question l'utilisation du stretching avant des épreuves qui exigent un taux élevé de puissance.

Dans la littérature, la communauté scientifique est divisée entre partisans du stretching et non partisans, cependant les effets doivent être classés entre bénéfiques et néfastes. Dans cette optique,

Lorsque le stretching est d'intensité au dessus du point d'inconfort (POD) (. Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, Chamari K, and Behm DG., 2009) et de durée raisonnables (10 min) (Guissard N, Duchateau J, Hainaut K, 2001). Dans des conditions quasi-identiques de ce que l'on réalise sur le terrain, les propriétés contractiles du muscle ne sont pas altérées. les qualités de force et de vitesse subissent les effets bénéfique du stretching, la tache sportive sera cependant facilitée par une raideur active optimale de la composante contractile et un meilleur glissement (compliance) au niveau du système musculo-tendineux (aponévroses et fascias). Dès lors, ce système peut être à la fois souple et posséder une raideur active qui facilite la production de force, ce qui se reflète positivement sur La performance qui suit. (Young, W. B. & Behm, D. G, (2003)), (Guissard.N, Duchateau.J , 2004), (Händel M,Horstmann T, Dickhuth HH, Gulch RW, 1997).

En contre partie (Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D, 2000); (Kokkonen, J., Nelson, A. G., and A. Cornwell, 1998), (Cornwell, A., Nelson, A. G., & Sidaway, B, 2002); McNeal and Sand, (McNeal JR, Sand WA , 2001) , (McNeal JR, Sand WA , 2003); Nelson et al ., (Nelson, AG., Allen JD., Cornwell A., and Kokkonen J, 2001a), (Nelson, AG.,

Revue de littérature

Guillory, IK., Cornwell, C. and Kokkonen, J, (2001b)) (Nelson, A. G., & Kokkonen, J., 2001c), (Nelson, AG., Kokkonen, J., Eldredge, C., Cornwell, A. and Glickman-Weiss, E, (2001d)) relatent à travers leurs résultats une altération significative des qualités de vitesse et de force.

La diminution de la raideur par l'effet du stretching induise un allongement prématuré du sarcomère qui diminuerait le nombre de ponts d'actine-myosine pouvant se former et donc une diminution de la capacité à générer une force importante.

Donc le stretching passif d'intensité élevée peut produire des tensions musculaires plus importantes que les tensions maximales et peut favoriser les micro-traumatismes au sein des fibres comme c'est le cas lors de l'entraînement en force).

Malgré les effets négatifs que la pratique du stretching passif peut engendrer à cause de son action sur la diminution de la raideur musculaire, ne soit pas recommandé lors de l'échauffement pour les activités sportives exigeant la force explosive (sport intermittent comme le football), le travail de stretching actif à intensité modérées fait tout de même partie intégrante de l'échauffement au vu de ses effets sur :

Sur le plan mécanique amélioration : du glissement des différents tissus conjonctifs du SMT (système musculo-tendineux) et l'amélioration de l'amplitude articulaires pour les activités sportives qui exigent un grand degré de liberté de mouvement pour que les athlètes puissent aller plus loin dans leurs pratique cas de patinage artistique et de la gymnastique :un échauffement à base d'alternance de contractions musculaires des agonistes et des antagonistes suffit à étirer et à bien préparer les muscles à l'effort explosif.

Sur le plan neuro-musculaire : amélioration de la proprioception et de la coordination intra- et intermusculaire (meilleure perception des postures, des synergies et des antagonismes musculaires).

Revue de littérature

Le cycle étirement-détente du muscle : appelé aussi cycle étirement-détente dans la littérature, Ce phénomène réunit deux types de contraction musculaire ; excentrique, qui représente la phase d'étirement mettant en jeu le réflexe myotatique et concentrique (phase) de détente. Cette addition permettra le déploiement d'une force supérieure à celle développée en mode isométrique. Cette contraction musculaire de type pliométrique exploitée dans les activités sportives sollicitant les, repose sur les capacités de restitution de l'énergie élastique de la composante élastique en série CES de la structure musculo-tendineuse. Sous l'effet du stretching, cette composante emmagasine de l'énergie élastique qui est restituée lors de la contraction musculaire. Autrement dit, un muscle étiré à grande amplitude sans dépasser un seuil bien défini produit un gros stockage d'énergie élastique permettant une contraction musculaire plus intense que celle produite sans cet étirement préalable (Händel M, Horstmann T, Dickhuth HH, Gulch RW, 1997); (McHugh, MP., Connelly, DAJ., Eron, RG., Kremenich, IJ., Nicholas, SJ. and Gleim, GW, 1999). Cet étirement est fonction de l'angle articulaire .en effet il semblerait qu'il y ait une spécificité de l'effet selon l'angle testé pendant la phase post-étirement .la diminution de la force isométrique était plus prononcée pour les angles articulaires supérieures à 160° au niveau de l'articulation du genou d'après Nelson et al .(2001) en reprenant le même protocole de (Kokkonen, J., Nelson, A. G., and A. Cornwell, 1998) .

Il faudra donc accorder une grande importance au travail de souplesse en guise d'améliorer le rendement des muscles à contracter pour la réalisation d'une tâche sportive dans les sports à caractère pliométrique.

Pour une meilleure augmentation d'amplitude articulaire une réalisation d'étirements lents et progressifs sont conseillés ceux-ci sont dus à un relâchement d'origine neuromusculaire lié à l'inhibition du réflexe myotatique (qui constitue un système réflexe de protection du muscle provoquant sa contraction lorsqu'il est soumis à un étirement).

Revue de littérature

La diminution de la raideur musculaire résultante de la pratique d'étirements permet aussi de récupérer l'amplitude perdue régulièrement à la suite du travail de renforcement et d'augmentation de la force musculaire exigé pour la réalisation du geste demandé. A long terme, la répétition des étirements, permet de maintenir l'amplitude articulaire à un niveau élevé.

Le stretching passif est connu par ces effets sur la facilitation de la récupération en diminuant les tensions musculaires et son gêne de la vascularisation du muscle en comprimant les capillaires et sa provocation des douleurs.

Donc, bien que Le stretching passif ne facilite pas la récupération des propriétés contractiles, sa réalisation post entraînement, est bénéfique pour la régulation des tensions entre agonistes et antagonistes afin de redonner une extensibilité aux muscles et une mobilité normale aux complexes articulaires certaines études ont montré l'intérêt des étirements pour mieux supporter les tensions musculaires élevées lors du travail excentrique générateur de courbatures (Magnusson, SP., Simonen, EB., Aagaard, P., Boesen, J., Johannsen, F. and Kjaer, M , 1997); (McHugh, MP., Connelly, DAJ., Ebron, RG., Kremenec, IJ., Nicholas, SJ. and Gleim, GW, 1999).

CHAPITRE II :
Définitions et concepts

Introduction :

La problématique soulevée repose sur les limites et bénéfices de la pratique du stretching dans le cadre des activités physiques. Cette approche des étirements à des fins d'augmentation de la mobilité est envisagée dans l'interrelation entre activité physique et santé. Soit le stretching est envisagé comme pratique physique à part entière. Soit, le stretching est intégré partiellement dans les échauffements ou dans les phases de récupération, en fin de séance. Il est dans ce cas considéré comme un outil didactique et pédagogique à visée d'amélioration de la performance ou prophylactique. La méthode est décrite par certains auteurs dans la littérature quant à sa relation directe avec l'efficacité des résultats (versus performance ou préventif au regard des blessures). Nous plaçons nos propos dans un cadre éducatif, dans lequel le stretching vise une meilleure connaissance du corps, une amélioration du schéma corporel et par là même ayant une action indirecte sur l'efficacité dans les habiletés motrices, et une approche sportive qualitative au bénéfice de l'intégrité physique.

L'apparition des exercices d'étirements et de stretching dans les années 80 pour la préparation physique a semblé un progrès capital. Sur recommandation médicale (médecins et physiothérapeutes), et d'entraîneurs, le stretching a été progressivement introduit dans le cadre de la prévention des nombreuses blessures survenant à l'appareil musculo-squelettique mais aussi dans l'idée d'une amélioration de la performance. Ceci a permis aux sportifs de mieux s'intéresser à leurs différents groupes musculaires et à explorer leur mobilité articulaire (Cometti, 2003).⁽¹⁾

En conséquence, les recommandations de la société américaine de médecine du sport (ACSM), jusqu'en 1998, étaient claires :

Les exercices d'étirements doivent être impliqués dans l'échauffement avant une activité physique et dans la récupération : ils permettent de prévenir les blessures liées à la pratique sportive.

En fait, le stretching qui avait pour but d'améliorer l'amplitude articulaire s'est vu progressivement attribuer des vertus quasi universelles allant du rôle primordial pour l'échauffement à la prévention des accidents, en passant par la musculation et la récupération. On pouvait même un moment penser que l'étirement, dans ses différentes modalités permettait de résoudre tous les problèmes de préparation physique.

Cependant, depuis le début des années 2000, il existe de plus en plus de travaux scientifiques bien documentés, qui non seulement contredisent les insertions d'utilité du

¹ Cometti G, 2003 Les limites du stretching pour la performance sportive, 1ère partie, UFRSTAPS Dijon

stretching dans la prévention des blessures, mais aussi insinuent que le stretching pourrait nuire à la capacité de performance. De 1966 à décembre 2004, en recherchant dans la littérature au moyen des mots clés "stretching, injurios prévention, sport injurios" 373 articles, se rapportant à la mobilité et risques de blessures et différentes approches à l'étirement, les effets de ces derniers sur la performance sportive et les effets négatifs du stretching, ont été recensés.

1) Notion de stretching ou d'étirement (traduction française) :

-□ La mobilité, selon Jürgen WEINECK

« La mobilité est la capacité et la propriété qu'a le sportif d'exécuter, par lui-même ou avec l'aide de forces extérieures, des mouvements de grande amplitude faisant jouer une ou plusieurs articulations » (1). On donne comme synonyme : la flexibilité, la souplesse. La mobilité articulaire concerne le fonctionnement des articulations, et la capacité d'étirement concerne le système musculo-tendineux ainsi que les cartilages articulaires. Jürgen Weineck cite Frey (1977) et considère que la mobilité articulaire et la capacité d'étirement sont des sous catégories de la mobilité.

-La souplesse, selon Mathieu Fourré

La souplesse est une qualité rencontrée sous le nom de mobilité ou flexibilité, qui « S'exprime par la capacité de réaliser un mouvement requérant une amplitude élevée d'une ou plusieurs articulations » (2). Elle est la résultante de la longueur des muscles, de la résistance à l'étirement du système musculo-tendineux, et de la force disponible pour mobiliser l'articulation.

-□ Les assouplissements

Les assouplissements sont des exercices de mobilisation destinés à améliorer la mobilité articulaire. On peut distinguer des exercices de développement actif et passif de la souplesse (V.N.Platonov, 1984). Les exercices orientés vers le développement de la souplesse sont des mouvements de flexion, d'extension, de rotation de circumductions.

□-Les étirements

Les étirements sont des exercices spécifiques destinés à améliorer la mobilité par un allongement progressif du muscle au maximum de son amplitude. Les étirements améliorent l'amplitude articulaire dans les limites de la **capacité à l'allongement du muscle**. Les

¹ Jürgen WEINECK, Manuel d'entraînement, 4ème édition, Editions VIGOT, Novembre 2003.

² Fourré Mathieu, Le karaté, préparation physique & performance, collection entraînement, INSEP Publications,2003.

étirements agissent sur les systèmes musculaires et tendineux. Ils permettent de « prévenir et diminuer les accidents musculaires » (1).

-Définitions de La Souplesse :

. Elle fait partie des qualités physiques. C'est la « Capacité d'amplitude passive des mouvements corporels » Blandine CALAIS-GERMAIN.

Cette capacité est variable selon :

Le patrimoine génétique ; L'éducation, l'acquis ; L'âge, le sexe (fonctions hormonales),

Le temps d'entraînement ; Le mode de vie ; Les zones du corps ; Le poids ; la masse musculaire ; La prise de certains médicaments.

Dans un cours d'assouplissement, il est nécessaire de s'intéresser aux muscles et aux tendons mais aussi à tous les éléments constitutifs des articulations (cartilage, ligament, capsule, synovie) pour :

Conserver ; Augmenter La capacité d'amplitude. ; Restaurer,

a) Définition du stretching :

Le stretching est un mot d'origine anglo-saxonne qui vient de stretch, « s'étirer » .C'est une forme d'exercices physiques ou gymniques qui assure entre autres l'élasticité des muscles et la mobilité des articulations. A ce titre, sur le plan biomécanique, l'étirement musculaire consiste à allonger les fibres musculaires par un éloignement des insertions du muscle sur les structures osseuses, alors que la mobilité articulaire assure une fluidité gestuelle et un confort dans l'exécution du mouvement (2). Autrement dit l'étirement est une action visant à favoriser l'allongement du muscle ; alors que l'assouplissement est une action visant à gagner en amplitude articulaire. Alors est Le Stretching un Ensemble de méthodes et de techniques physiques visant une amélioration de l'amplitude musculaire, facteur susceptible d'améliorer le travail, la restauration ainsi que l'efficacité du mouvement.

b) Histoire du stretching :

Les étirements musculaires (stretching) sont pratiqués couramment en milieu sportif. Ils sont recommandés pour améliorer la performance, pour prévenir les lésions tendineuses et musculaires, traumatiques ou microtraumatiques, et dans la réhabilitation à l'effort. Le consensus semble tel que dans nombre d'articles consacrés au traitement de ces lésions, il

¹ Pasquer Dr G. & coll, échauffement du sportif, éditions Amphora, juin 2004.

² Alexandre Dellal, 2008, Ed de Boeck université, « de l'entraînement à la performance en football ».p, 91.

n'est pas fait mention d'une quelconque évaluation ou validation de leur utilité. Pourtant de nombreuses publications leur sont consacrées. Sur quelles bases scientifiques leur pratique repose-t-elle ? Quelles sont les différentes techniques d'étirement et quel est leur intérêt respectif ? Quelle est leur place dans les phases d'échauffement et de récupération et dans le traitement des lésions de surmenage ? Une revue de la littérature va tenter de répondre à ces questions.

La pratique des étirements musculaires ou " stretching " s'est développée, il y a déjà une trentaine d'années en milieu sportif, à la suite de travaux d'auteurs nord-américains et scandinaves. L'amélioration de la flexibilité était le but essentiel de ces étirements, utilisés depuis longtemps dans le domaine de la danse. Mais en médecine du sport, le " stretching " est venu des techniques de rééducation d'affections neurologiques, dites de facilitation neuromusculaire proprioceptive développées par Kabat et d'autres auteurs. C'est au début des années 80 que Stanish en Amérique du Nord et d'autres auteurs en France introduisirent les étirements dans la prise en charge des tendinopathies liées au sport. Puis Stanish et coll. y associèrent quelques années plus tard, le travail musculaire excentrique. Bien que reposant initialement sur des données théoriques plus qu'expérimentales, cette méthode s'est développée rapidement pour devenir un incontournable de la préparation du sportif et de la thérapeutique des lésions tendineuses et musculaires liées au sport. Ces dernières années, des méthodes d'évaluation des effets des étirements ont été développées et des études contrôlées ont été publiées, apportant un support scientifique à cette technique et permettant de mieux préciser sa place au sein des autres techniques d'entraînement et de traitement.

c) Les différentes formes du stretching ⁽¹⁾

-le stretching californien : dans cet exercice, l'étirement se place en fin de travail dynamique (par exemple, balencé de bras ou de jambe suivie d'un étirement). C'est une technique qui propose un étirement segmentaire des muscles, c'est-à-dire le travail d'un muscle après l'autre. Son intérêt dans la pratique des activités physiques et sportives est multiple, à savoir améliorer : -la récupération des sujets ; -la souplesse musculaire ou articulaire ; -la posture de la statique ; -l'élasticité du muscle ; -la force, la puissance, l'endurance musculaire.

¹ Alexandre Dellal, 2008, Ed de Boeck université, « de l'entraînement à la performance en football », p. 92.93

- **le stretching postural** : C'est une technique mise au point dans les années 1960 par JEAN-PIERRE MOREAU, kinésithérapeute, qui préparait des athlètes de haut niveau. C'est une technique plus globale. En effet, les muscles de la posture, qui permettent de soutenir le corps debout, sont situés en profondeur. Le stretching postural les sollicite tout particulièrement, notamment les muscles du dos. ces étirements prennent place dans des séances destinées à rétablir l'équilibre anatomique du corps et non pas à des fins d'échauffement avant une séance. il permet ainsi de dénouer les tensions physiques des sportifs, aide à combattre le stress, et permet de libérer les tensions nerveuses. Il est affirmé que le stretching postural apporte une tonicité musculaire, la souplesse articulaire, un meilleur équilibre de la posture et de la chaîne musculaire.

-**Le stretching manuel suédois** : C'est une technique manuelle dynamique et énergique, pratiqué en douceur sur les zones musculaires. Précisément, c'est un massage relaxant qui stimule la circulation et le système nerveux, qui agit sur les tensions, restructure la musculature. il s'adresse ainsi à toute personne désirant soulager des contractures musculaires, des crampes, des spasmes, ou souhaitant vaincre le surmenage ou voulant lutter efficacement contre la cellulite indurée. la technique est simple : le sportif échauffe le muscle, il le décolle, il masse son volume en profondeur pour le ré-oxygéner et ce suivant plusieurs manœuvres. les personnes ayant des inflammations, des tendinites, des déchirures musculaires et celles atteintes de tumeurs malignes et les femmes enceintes ne doivent pas choisir cette méthode. Le stretching manuel suédois se combine très bien avec le drainage lymphatique.

-**le stretching sportif** : C'est l'un des étirements les plus connus, qui fait alterner contraction-relâchement-étirement sur un groupe musculaire isolé. Les étirements à base de cette technique sont pratiqués en quatre temps : -mise en tension du muscle ; -On contracte le muscle à étirer dix secondes tout en le maintenant tendu ; -On relâche la contraction ; -On remet le muscle en tension douce dix à trente secondes aussi loin que possible sans douleur. Leur but est la préparation à l'effort, l'allongement maximal du muscle et la prévention des accidents musculaires.

Les différentes formes de stretching utilisent des techniques d'exécution plus ou moins distinctes.

d) Les différentes techniques d'étirements :

Si les techniques existantes diffèrent par leur forme, nous retrouvons des éléments communs :

- La progressivité des étirements (sans saccade ou temps de ressort).
- La lenteur des mouvements et le maintien de positions (postures).
- La respiration qui tient une place importante.
- L'action équilibrante et anti-stress.
- **Technique analytique** : les muscles sont étirés isolément.
- **Technique globale** : l'étirement concerne une ou plusieurs chaînes musculaires.
- **Stretching passif** : Pour obtenir l'étirement, le muscle subit une force externe.
- **Stretching actif** : Pour obtenir l'étirement, le muscle (lui-même, les synergiques ou les antagonistes) participent à l'étirement.

Remarque : La classification de la page suivante reprend les techniques les plus utilisées, elle n'a en aucun cas la prétention d'une exhaustivité complète des techniques existantes.

-Techniques avec autre finalité

Échauffement sur le plan proprioceptif et musculaire	Stretching en tension active (ou activo-dynamique) 3 temps : - Pré-étirement - Contraction isométrique 7 s - Phase dynamique 7 s	MASTEROVOÏ 1966 « l'échauffement russe » Christophe GEOFFROY 2000
Optimisation gestuelle spécifique	Etirement balistique	
Relaxation, maîtrise du corps	Yoga, Eutonie ...	

Tableau n°2 – Autres techniques de stretching selon Ph. MAQUAIRE

2) Notion de performance sportive :

Définition de la performance sportive :

La performance sportive est prise dans le sens du mot «performer», emprunté à l'Anglais (1839), qui signifie accomplir, exécuter. Ce terme vient lui-même de «performance», qui signifiait accomplissement en ancien français. Ainsi on peut définir la performance sportive comme une action motrice, dont les règles sont fixées par l'institution sportive, permettant au sujet d'exprimer ses potentialités physiques et mentales. On peut donc parler de performance sportive, quel que soit le niveau de réalisation, dès l'instant où l'action optimise le rapport entre les capacités physiques d'une personne et une tâche sportive à accomplir. L'approche bioénergétique de la performance sportive en est une parmi d'autres comme l'approche psychologique, biomécanique, sociologique, cognitive. Elle n'est pas exclusive, mais reste essentielle pour appréhender les caractéristiques énergétiques, en particulier la quantité d'énergie nécessaire à la réalisation d'une épreuve sportive et le type de transformation mis en jeu en fonction de la durée et de l'intensité de l'exercice ainsi que de sa forme (continue-discontinue). Nous considérerons donc un groupe de spécialités sportives présentant des similitudes quant aux facteurs limitatifs et aux qualités énergétiques requises. La course et la natation, par l'analyse de leurs records, offrent un moyen simple d'appréhender la performance sur son versant bioénergétique.

La performance rend compte de la capacité d'un être humain dans un sport et à un moment donné de son histoire. « Faire une performance » : C'est la possibilité, au cours d'une compétition, d'un entraînement, de réaliser une prestation motrice sans qu'elle soit le but

recherché de manière exclusive et absolue. La performance est un résultat, produit de l'activité, perçu, mesuré et évalué par le pratiquant ou un observateur extérieur. FAMOSE – 1988 (1). Elle met en évidence les aptitudes d'un athlète dans un sport donné et permet de les apprécier en fonction de critères connus. MATVEIEV (2).

La performance sportive ne serait elle pas le résultat d'un exploit individuel mais une performance sociale, au sens où une société crée les conditions de la possibilité de performance. Pierre PARLEBAS (3) la performance est l'expression des possibilités maximales d'un individu dans une discipline à un moment donné de son développement. (PLATONOV) (4)

3) Notion de sprint :

Un sprinter est l'athlète qui pratique le sprint. Pour les athlètes pratiquant la course d'obstacle (100 m haies, 110 m haies, 400 m haies), on utilise le terme de hurdler.

Le sprint regroupe les courses à pied dans lesquelles le sprinteur doit courir sur une faible distance à la vitesse la plus rapide possible. On peut remarquer une course de sprint d'une course normale par le fait qu'en raison de la vitesse élevée pour le sprint le talon ne touche pas le sol. On distingue deux types de sprints en athlétisme:

Les sprints courts : 60m et moins, 100m, 150m, 200m.

Les sprints longs : 300m, 400m, 500m, 600m.

Pour pratiquer le sprint, il faut avoir quelques aides biologiques : une faculté de réaction-réflexe instinctive et fulgurante, des fibres musculaires qui réagissent de manière pratiquement immédiate à un stimulus (ici, le pistolet du starter), appelées fibres musculaires blanches de type II, ces aides innées étant soutenues par une puissance, une endurance et une tonicité musculaire.

a) Le sprint et le football

« La vitesse du footballeur est une capacité très diverse. Elle implique non seulement la capacité d'action et de réaction rapide, la rapidité de départ et de course, celle du maintien de la balle, du sprint et de l'arrêt, mais aussi la rapidité d'analyse et d'exploitation de la situation du moment » Weineck (1997). « la vitesse du joueur sportif est une capacité complexe qui se compose des différents capacités psychophysiques » Bauer (1981).

¹ FAMOSE – 1988 (Aptitude et performance motrice - Revue EPS)

² MATVEIEV (Aspects fondamentaux de l'entraînement – VIGOT, Paris, 1983)

³ PARLEBAS Pierre (Le sport fait social) 1981

⁴ PLATONOV « la préparation physique spécifique des nageurs de haut niveau 1979

b) définition et objectifs : Messi, Cissé, Henry, Owen, Roberto Carlos, Ronaldo sont autant de joueurs présentant les mêmes caractéristiques : une vitesse est une vivacité exceptionnelle. La performance du footballeur de haut niveau est très souvent corrélée à sa capacité à réitérer des sprints à niveau optimal (Bangsbo, 1994 ; Helgerud et al., 2001) en harmonie avec les autres facteurs de la performance (endurance, souplesse, force, coordination, technique, tactique, récupération et hygiène de vie) cette qualité est devenue une des caractéristiques du footballeur de haut niveau. Plus le niveau de compétition est élevé plus la vitesse de jeu augmente, plus les footballeurs sont rapides comparativement au poste occupé. En effet, Verheijen (1998) a démontré qu'il existe une différence significative entre des footballeurs amateurs et les footballeurs professionnels au niveau des temps de course sur 15 et 40 mètres. Cette différence s'observe également entre des sportifs de niveau national et des sportifs de niveau international. La vitesse est un élément fondamental dans le football actuel. Durant un match, les joueurs effectuent environ 700m de sprints (entre 100 et 140 sprints), de distances variant entre quelques mètres et 50 mètres et avec des temps de récupération avoisinant les 30s à 40s, Bangsbo(1994). Les différentes études et analyses considèrent que la vitesse maximale du footballeur est atteinte aux alentours de 40 à 50m. Toutefois, n'oublions pas que « la qualité de vitesse constitue une liaison des différentes qualités physiques » (Tabachnic). Frédéric Aubert parle de « qualité multicomposante » et qui constitue une interconnexion entre les différents facteurs de performance. Elle mélange les capacités d'étirement, de coordination et de force. Bangsbo(1994) a même démontré qu'il existe une corrélation entre la capacité de répétition de sprints et la Vo₂ max. La vitesse est une qualité variée car elle fait intervenir aussi bien des facteurs d'ordre physique que psychophysiologiques. Ces éléments psychophysiologiques sont à développer, entretenir et perfectionner quelque soit le niveau de pratique. Grâce à l'harmonisation de chacun de ses facteurs, les joueurs pourront développer leurs performances quel que soit le type de vitesse. Cette vitesse est multifactorielle et existe sous différentes formes : la vitesse gestuelle, la vitesse maximale, la vitesse courte (accélération et démarrage), la vivacité, la vitesse de coordination, la vitesse-force, la survitesse et l'endurance vitesse. ⁽¹⁾

c) Les tests

Les tests de vitesse sont très intéressants pour avoir des données concernant les qualités explosives de chaque joueur. Ils prennent également en compte l'analyse de la biomécanique et la technique de course des joueurs .

¹ Alexandre Dellal, 2008, Ed de Boeck université, « de l'entraînement à la performance en football », p. 61-62.

les tests de vitesse s'effectuent quelques jours, voir quelques semaines (2-3 au maximum) après le début de la préparation estivale car les sportifs et leurs muscles doivent être prêts à effectuer ces types d'efforts (ils auront du faire un travail préalable de force et d'endurance).

Concernant l'application des tests, on peut appliquer une multitude de tests :

Vitesse sur 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 35 m et 40 m. .départ arrêté ou lancé

Actions spécifiques préalables (course arrière, tête , passe)avec le sprint ; Course en ligne droite ; Course en courbe.

L'analyse de la différence de résultats entre des joueurs amateurs et des joueurs professionnelles lors de tests sur une distance de 5m, 10m, 15m, 20m, 30m et 40m);Commetti et all (2001), Kollath et Quade (1993),Brewwer et Davis(1992) ont évoqué cette différence de performance en sprints.de même , l'entraînement orienté en force permettrait d'augmenter les performances en sprint spécifique au footballeurs (tableau 1)

Auteurs	Population	Performance en sprint (secondes)					
		5m	10m	15m	20m	30m	40m
Dupont et all(2004)	Internationaux français						5.55
	Après entraînement						5.35
Gorostiaga et all(2004)	Espoirs espagnols	0.95					
Wisloff et all(2004)	Professionnels norvégiens		1.82		3.00	4.00	
Hoff et Helgerud (2002)	Professionnels norvégiens		1.91				5.68
	Après entraînement		1.81				5.55
Helgerud et all(2001)	Juniors norvégiens		1.88				5.58
	Professionnels norvégiens		1.87		3.13		
	Après entraînement		1.81		3.08		
Cometti et all,(2001)	Division 1 française	1.80				4.22	
	Division 2 française	1.82				4.25	
	Amateurs française	1.90				4.30	
Kollath et Quade,(1993)	Professionnels allemands	1.03	1.79		3.03	4.19	
	Amateurs allemands	1.07	1.88		3.15	4.33	
Brewer et Davis,(1992)	Professionnels anglais			2.35			5.51
	Semi-professionnels anglais			2.70			5.80

Tableau 3- performances en sprint selon le niveau de jeu, le niveau d'entraînement et les distances⁽¹⁾

¹) Alexandre Dellal, 2008, Ed de Boeck université, « de l'entraînement à la performance en football »,p, 75-76

4) Notion de sport

Le dictionnaire LAROUSSE définit le sport « comme l'ensemble des exercices physique se présentant sous forme de jeux individuels ou collectifs pratiqués en observant certaines règles » (1).

En fait sous ce vocable se cache une multitude d'activités dissemblables non seulement dans la forme mais aussi dans la conception du mouvement.

Il semble donc nécessaire d'établir une première distinction fondamentale entre des activités physiques selon le niveau de pratique, tout en spécifiant cependant qu'il ne devrait pas y avoir de cloisons mais des passerelles entre les catégories définies comme suit :

- Pratique éducative sportive
- Sport de masse à caractère récréatif
- Sport de performance

En fait , c'est cette troisième catégorie représentée par le sport de performance qui est pratiquée par tous ceux qui veulent exploiter au maximum leurs possibilités physiques, qualitativement et quantitativement qui nous intéresse.

Seulement au delà de la perfection technique et physiologique, il est nécessaire de souligner qu'il existe des éléments décisifs, « des facteurs d'ordre psychique qui restent peut être assez obscurs et à coup sur plus malaisés à définir que des possibilités appréciables au chronomètre, mais quand arrive l'heure de vérité, ce sont eux qui emporte la décision » (2).

Parmi ses facteurs physiologiques se situe justement les étirements qui agit sur l'équilibre psycho-physiologique du sportif qui va tenter une performance. Il est donc nécessaire sur celui-ci en mettant ses éléments d'ordre physique du sujet dans la bonne direction. Notre expérimentation est justement de faire ce lien.

5) Notions physiologiques**a) Réflexe myotatique :**

Il est déclenché par stimulation des récepteurs musculaires tels que les fuseaux neuromusculaires.

Ce réflexe abouti à la contraction musculaire, l'opposé même de l'étirement. Les temps ressorts, les répétitions consécutives, les étirements trop rapides sont autant d'éléments qui déclenchent les réflexes myotatiques. C'est un système de défense du muscle qui se contracte

1) dictionnaire **Le Petit Larousse** : Ed Larousse n°9693, Paris avril 1978, p.970

2 DAUVEN, T. : **Encyclopédie des sports**, librairieLarousse, Paris, 1961, p.23

lors d'un changement de longueur des fibres. Sensible aussi à la vitesse de mouvement, le réflexe gère le tonus postural. Réponse à des informations captées au travers du fuseau neuromusculaire (régulation des activités posturales, action, vitesse, état émotionnel) au niveau du tronc cérébral: on parle de la formation réticulaire GAMA.

b) Réflexe myotatique inverse :

Il est déclenché par la stimulation des récepteurs neuro - tendineux tels que les organes tendineux de Golgi situés principalement dans les tendons musculaires et les ligaments des articulations.

Ces récepteurs ou mécanorécepteurs sont détecteurs des tensions musculaires. Ce réflexe abouti à un relâchement musculaire (rétroaction nerveuse) favorisant un meilleur étirement.

c) Sensibilité proprioceptive :

Perception du corps physique par l'intermédiaire des récepteurs intéroceptifs au niveau des muscles, des tendons et des articulations (les mécanorécepteurs).

Ce sont des organes de perception kinesthésique qui transmettent tous les renseignements sur la position, le mouvement et le degré de confort. La kinesthésie est la conscience des parties du corps, leur rapport et leur amplitude.

Il est donc important d'être à l'écoute des sensations du corps dans des positions d'étirement. Le stretching permet de modifier de mauvaises habitudes posturales, réapprentissage. L'action lente permet l'enregistrement afin de reproduire une posture juste et efficace par la suite dans le cadre des préparations sportives.

d) Contraction isométrique statique :

Elle se définit par une longueur constante et une tension variable.

C'est le point de départ d'une des méthodes d'étirement. Elle engendre le réflexe myotatique inverse par stimulation des organes tendineux de Golgi.

e) Innervation réciproque :

Se définit comme un travail complémentaire des agonistes et des antagonistes par le travail synergique qui est la base du tonus postural et de la régulation tonique (système de commande motrice), mais également appliqué dans les méthodes d'étirements: inhibition réciproque.

f) Autres expressions

-Mise en tension : Muscle au repos avant mise en tension, puis on tend passivement le muscle dans une position de tension.

-Stretching ou stretch : Il se produit lorsque l'on garde le muscle dans une position de tension pendant 10 à 30 secondes.

-Mobilité : Elle indique l'ampleur des mouvements de l'articulation.

Exemple: angle maxi d'ouverture jambe par rapport à l'axe du tronc vers l'avant et l'arrière.

-Souplesse : Elle n'a pas le même sens que mobilité. C'est le résultat de la coordination neuromusculaire. Ainsi mobilité, force musculaire et coordination opèrent simultanément.

-Schéma corporel : Connaissance que chacun a des différentes parties de son corps dans sa relation avec le monde extérieur. Il se construit sur la mémoire kinesthésique.⁽¹⁾

¹ Ph. MAQUAIRE, *Master 2 recherche STAPS* « Une approche de l'amélioration de la Mobilité, la souplesse par les étirements. » Laboratoire Recherche Littoral en Activités Corporelles & Sportives, (RELACS), ULCO.

CHAPITRE III :
Approche physiologique

Approche physiologique du stretching

Introduction :

Vu la complexité des effets d'un exercice de stretching sur le rendement du système musculo-tendineux, on s'est vu dans l'obligation de donner une approche physiologique détaillée pour élucider la répercussion d'une telle sorte de pratique dans le milieu sportif.

Ces effets peuvent se résumer à deux choses :

- diminution de l'activation des motoneurones (baisse du tonus musculaire mais aussi de la possibilité d'activer les muscles) et
- diminution de la raideur du complexe anatomique musculo-tendineux (plus grande facilité à allonger le muscle et les tendons et donc moins grande résistance passive à l'allongement).

Ceci est clairement démontré par l'analyse des effets des techniques d'étirements déjà expliqué en chapitre I.

Ce qui est attendu d'un stretching est pratiquement la relaxation et la décontraction musculaire quand il est utilisé après une séance traumatisante, ou pire que ça après une compétition une épreuve d'effort de type intermittent qui exige plus de puissance et d'explosivité comme dans le cas du football. Ces attentes sont tout à fait à justifier car ils participent alors à la récupération post-exercice en diminuant les fortes tensions résiduelles liées à une séance d'entraînement difficile.

Face à ces divergences surtout quand le stretching est utilisé en début de séance, on va tenter de répondre à ces différentes questions en faisant le point sur les connaissances scientifiques actuelles.

Pour comprendre l'intérêt ou non des étirements il faut d'abord appréhender le fonctionnement de l'unité musculo-tendineuse.

1) Anatomie et fonctions des muscles squelettiques

Les muscles squelettiques composés de plusieurs sortes de tissus ont pour fonction principale, en se contractant, de transformer de l'énergie chimique en énergie mécanique. L'élément de base du tissu musculaire est la fibre musculaire qui est une cellule cylindrique, allongée.

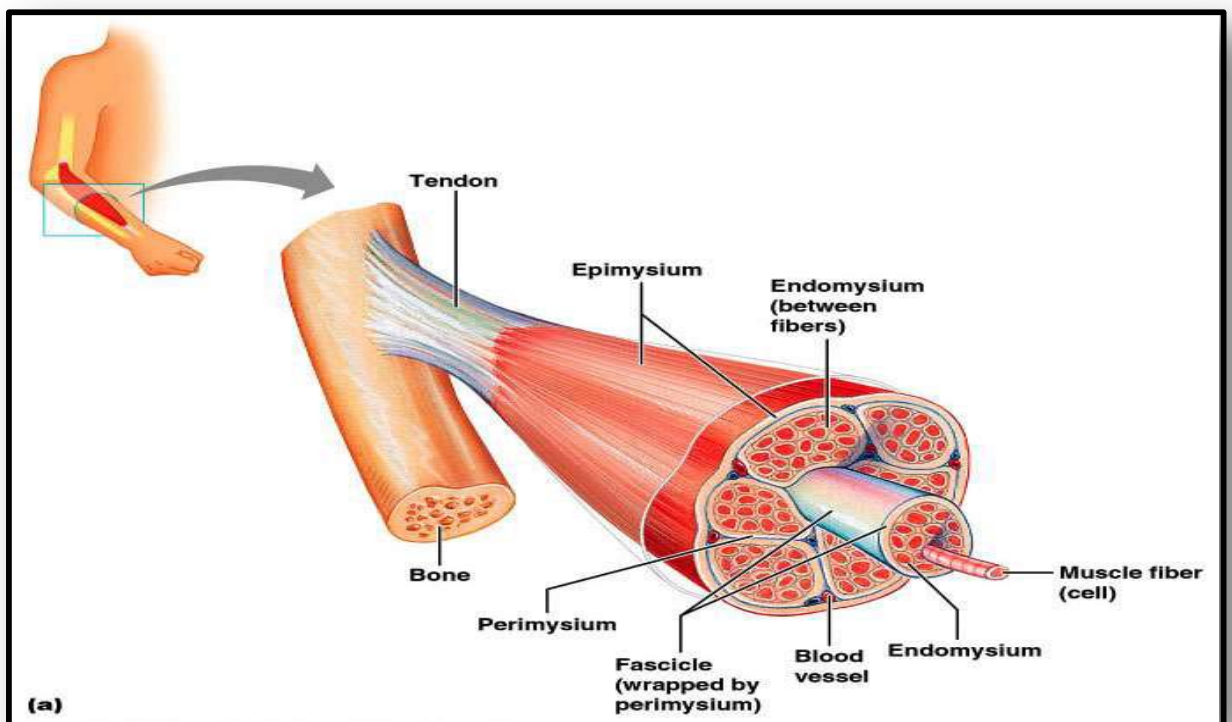


Figure 2 : structure du muscle strié squelettique d'après d'après (Copyright © 2004

Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings)

La cellule (ou indifféremment *fibre*) est composée de différents éléments :

- Un **sarcolemme**, membrane cellulaire qui entoure la fibre. C'est un élément possédant des propriétés élastiques

• **Un sarcoplasme** qui se trouve au dessous du sarcolemme. C'est le cytoplasme de la cellule qui contient des myofibrilles. Ces dernières contiennent des protéines contractiles appelées ainsi pour leur capacité à se contracter.

• **Les myofibrilles (ou sarcostyles)** sont des successions de sarcomères reliés les uns aux autres. Dans une cellule, de nombreuses myofibrilles se retrouvent empaquetées en parallèle. Au sein du muscle, les paquets de fibres sont intégrés dans du tissu conjonctif. La myofibrille ne possède pas d'innervation propre et ne peut donc être activée isolément.

• **Le sarcomère**, entité mécanique élémentaire du muscle ou « moteur élémentaire ». IL contient des protéines contractiles telle que les filaments dits primaires de myosine, et des éléments contractiles élastiques (filaments d'actine). Les filaments de myosine sont associés à un filament fin, **la titine**. Localisés sur le filament dit secondaire d'actine, on identifie deux autres types de protéines qui régulent le processus de la contraction musculaire : la troponine et la tropomyosine. Les filaments d'actine sont fixés sur la ligne Z, « ou peut-être même participent à sa formation » (¹)

Il est important de connaître le rôle de la desmine et de la titine au sein du sarcomère afin d'appréhender le phénomène des courbatures. La Desmine relie les myofibrilles, la Titine fixe les filaments de myosine aux stries Z afin de la guider.

La Desmine et la Titine participent donc à la bonne organisation musculaire.

• **L'unité musculo-tendineuse**

Lorsque nous effectuons un étirement c'est un ensemble muscle et tendon qui est étiré. Il faut donc connaître l'unité musculo-tendineuse dans son ensemble (figure 2).

¹ MONOD H. & FLANDROIS R., in Physiologie du Sport, page 68, 5^{ème} édition, MASSON, 2003.

- La composante contractile (CC) : Composée des éléments contractiles (Sarcomère), elle correspond au processus de génération de la force.

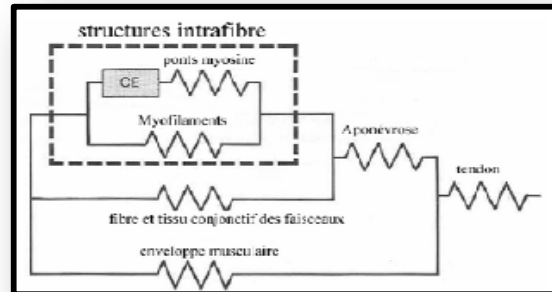


Figure 3 : l'unité musculo-tendineuse d'après **MONOD H. & FLANDROIS R 2003**

- La composante élastique parallèle (CEP) : Elle est localisée au niveau du tissu conjonctif et du sarcolemme (enveloppe fibreuse, aponévrose)
- La composante élastique série (CES) : Elle est composée d'éléments en séries avec une partie passive (structure tendineuse) et une partie active (pont d'actomyosine).

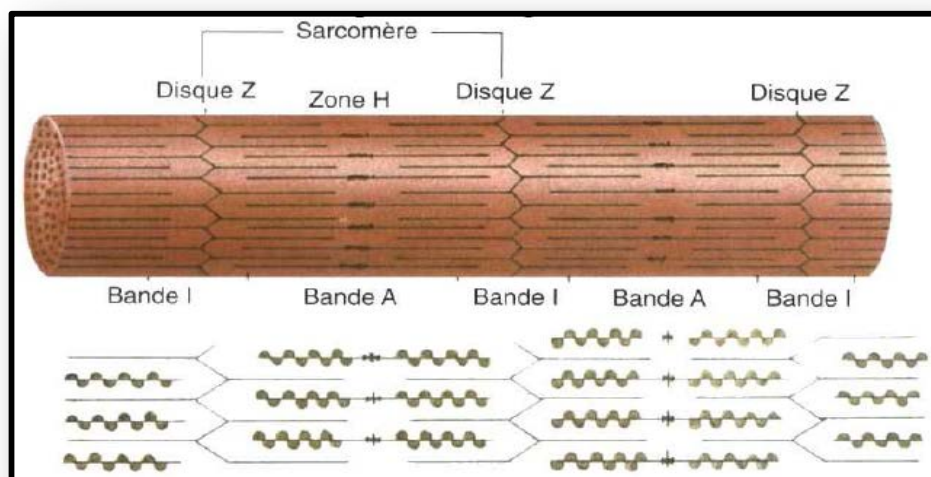


Figure 4 : les composantes de la myofibrille d'après (Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings)

Ces fibres musculaires possèdent des propriétés :

- **La contractilité**, elles ont la capacité de se raccourcir,
- **L'extensibilité**, elles peuvent se laisser étirer,
- **L'élasticité**, elles ont la capacité à revenir à leur état initial après les phases précédentes (contraction ou étirement)
- **L'excitabilité**, elles peuvent réagir à des stimulations nerveuses

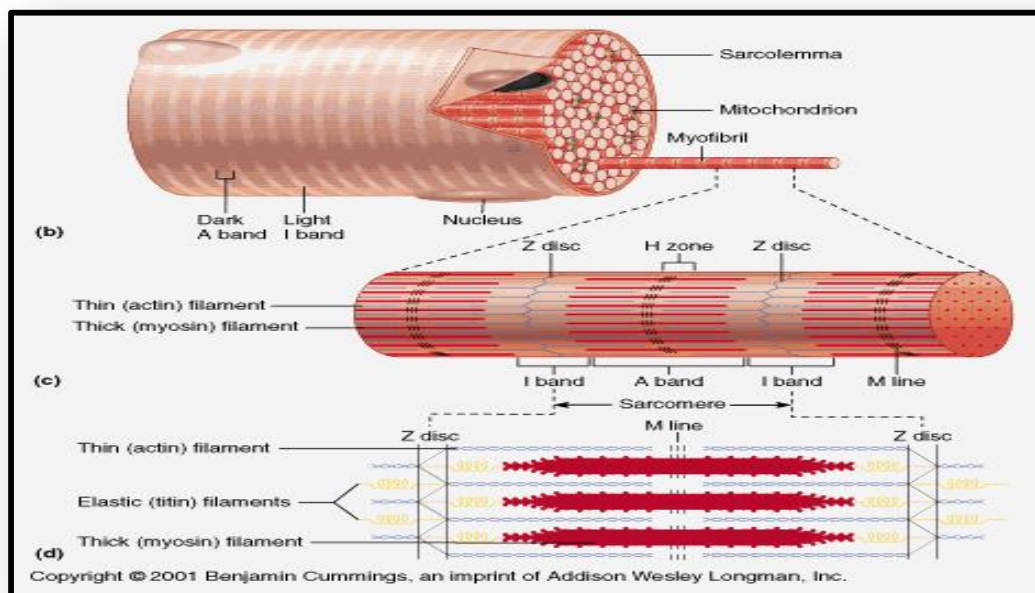


Figure 5 : le sarcomère, l'unité fonctionnelle d'une myofibrille d'après (Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings)

2) La mécanique musculaire :

a) la contractilité et l'extensibilité

Précisons qu'une approche de la recherche de gain de mobilité peut se calquer sur l'approche que l'on peut avoir de la recherche de Force. Ceci, sur les aspects méthodologiques et leurs justifications.

Les sarcomères transmettent la force qu'ils ont développée au travers des structures élastiques et intramusculaires, aux tendons et au squelette. Font partie des éléments élastiques :

- Les ponts transversaux de myosine,
- Les filaments d'actine
- Les insertions tendineuses,

Ces éléments agissent **simultanément** comme des éléments élastiques en parallèle et comme des éléments élastiques en série. Lorsque les filaments d'actine sont tirés vers le centre et entre les filaments de myosine au moment de **la contraction**, les éléments élastiques sont tendus.

Lors de **la contraction musculaire**, si la résistance externe dépasse la force du muscle, un étirement de celui-ci se produit (contraction excentrique). « C'est pourquoi on peut considérer que le terme de contraction musculaire est souvent interprété de façon erronée en ne faisant référence qu'à la contraction concentrique... »⁽¹⁾

Une habileté sportive est souvent le résultat d'une combinaison de plusieurs types de contraction. On ne peut donc réduire une technique sportive à un type de contraction.

Lorsqu'un muscle se contracte, son antagoniste s'allonge. Cette phase s'associe à un étirement et peut être frénatrice. Les éléments élastiques s'allongent et se mettent en tension (fig.6). On parle alors de contraction anisométrique excentrique.

A l'état de repos, les filaments épais de myosine situés au centre du sarcomère se chevauchent avec les filaments fins d'actine que sur une petite distance. Ces filaments d'actine partent des lignes Z et s'orientent vers le centre.

¹ BILLAT V., Physiologie & méthodologie de l'entraînement, page 46, collection Sciences et pratiques du sport, Ed. De Boeck Université, 1998

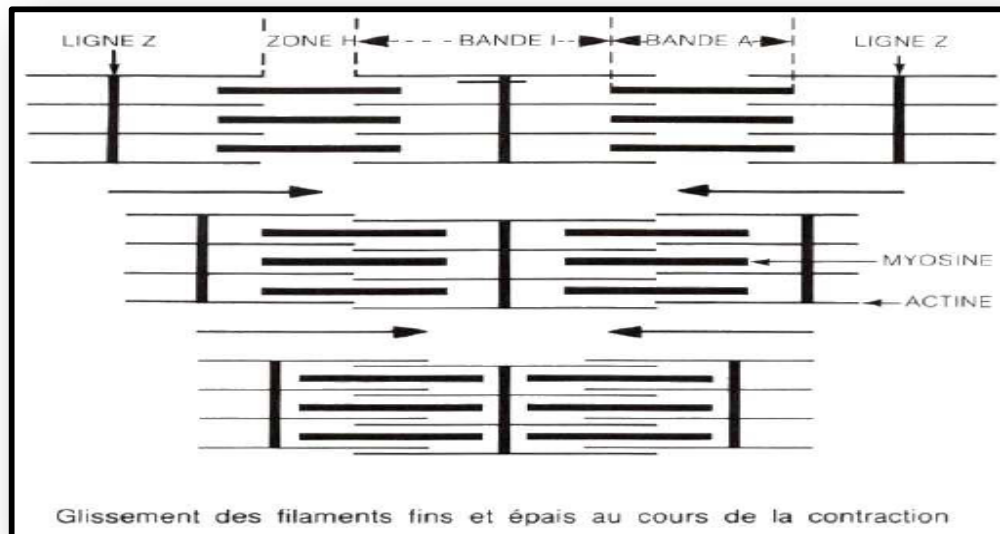


Figure 6 : Glissement des myofilaments d'actine (fins) et de myosine (épais) au cours de la contraction d'après ((Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings)

L'**extensibilité** est constatée lorsque le muscle est en position « allongée ». Le muscle possède des caractéristiques : contractilité, élasticité, extensibilité, excitabilité. Ce sont les enveloppes de collagène qui possèdent leur caractéristique élastique propre. Le muscle, en lui-même n'a pas cette caractéristique élastique. Il est extensible, mais ne prend pas systématiquement sa longueur initiale.

L'extensibilité est obtenue lorsque le muscle est étiré. Ces étirements font donc appel à un travail excentrique qui peut être freinateur, ou non freiné.

Protégée par ce dispositif conjonctif, la fibre musculaire présente des limites d'extensibilités. Selon VIEL & ESNAULT,⁽¹⁾ le muscle peut se laisser étirer entre 130% et 150% de sa longueur de repos. Les ischios jambiers, freinateurs dans le cadre d'un travail en contraction excentrique atteignent des valeurs inférieures (120 à 130%) de la longueur de repos. C'est la structure même du muscle, (chargée en fibres de collagène) qui lui confère ce rôle freinateur

¹ VIEL & ESNAULT Eric VIEL & Michèle ESNAULT, page 35

et non son activité contractile. On parle alors de raideur utile. Ces auteurs s'interrogent sur l'utilité d'étirer ces muscles que l'entraînement rend raide. Il serait judicieux pour des muscles possédant une raideur utile au geste sportif de « rechercher le maximum d'extensibilité dans l'instant, par un exercice bref, qui étirera l'ensemble de la structure conjonctive sans chercher à obtenir une amplitude déraisonnable ».

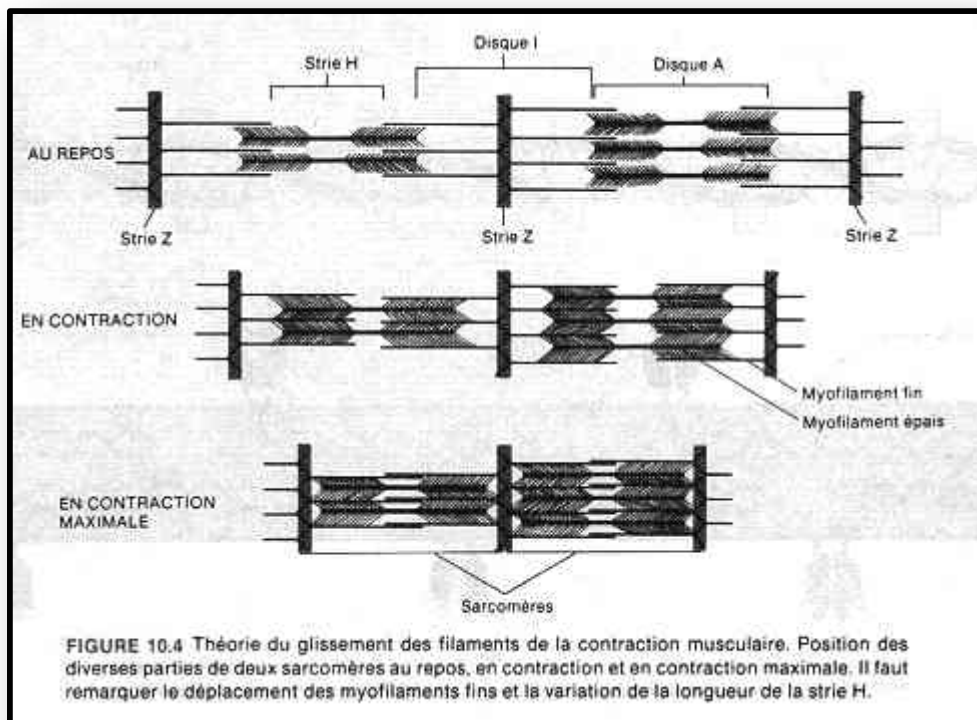


Figure 7 : Mise en évidence du glissement des filaments composant le sarcomère (Modifiée d'après Huxley, 1954).

Lien <http://users.skynet.be/catherine.lasseaux/app%20locomoteur/myophysio.htm>

On peut observer les modifications de la structure conjonctive du muscle en comparant la figure 5, illustrant la contraction musculaire et la mise en tension (Fig.6, ci-dessus). Les EEP limitent le glissement des filaments d'actine et de myosine.

a. Le muscle est au repos, les EEP ne sont pas en tension,

b. Le muscle est étiré, on constate qu'avec un allongement de 20% , les EEP sont sous tension et sont un facteur limitant de l'allongement. Les filaments se tendent, s'opposent à leur désimbrication, et résistent à l'étirement.

Au-delà de ces structures, précisons que « la myosine est maintenue au centre de la myofibrille par des micro filaments appelés titine et connectine. Ces micro filaments sont soumis à l'allongement et ont un rôle dans la tension passive développée lorsque le muscle est mis en étirement. Ils sont responsables d'une résistance ». C'est surtout le tissu conjonctif qui est étiré. Les éléments responsables de la tension passive ne sont sollicités que dans le cas d'**allongement maximaux et durant des périodes longues**. Cela relativise les craintes de certains arguments littéraires opposés à la pratique du stretching. Les renseignements sensitifs liés à la contraction ou à l'allongement du muscle sont transmis au système musculo tendineux. Les sensations sont recueillies par :

- Les muscles, lors de toute modification de longueur enregistrée au niveau des fuseaux neuromusculaires,
- Les tendons, qui enregistrent l'intensité de la traction au niveau des Organes tendineux de Golgi,
- Les capsules et ligaments.

3) Les autres éléments de l'appareil locomoteur

3-1) Les tendons

Le tendon a des propriétés viscoélastiques : « sous l'effet d'une contrainte, il subit une déformation instantanée qui augmente progressivement (comportement élastique) suivie d'une déformation qui augmente progressivement (comportement visqueux) ». ⁽¹⁾

¹) CORNU Ch. (laboratoire motricité, interaction, performance – UFR STAPS Nantes), in Le tendon : un organe transmetteur proprioceptif, S.S.P.P n°5, page 6, Mars 2003.

Plus la traction est longue, plus l'allongement du tendon est potentiellement important.

Le tendon est soumis principalement à des forces de traction, ses fibres de collagènes étant disposées dans le prolongement des fibres conjonctives musculaires.

a) Fonction : Les fibres musculaires se rejoignent à leurs extrémités pour former des fibres tendineuses ou **tendons**. Du fait de l'organisation longitudinale de ses fibres dans son axe, le tendon résiste aux forces qui s'exercent selon l'axe de ces fibres. Il possède peu de capacité de cicatrisation du fait de sa faible vascularisation. C'est une caractéristique à prendre en compte dans le traitement des blessures du tendon. Le tendon a pour fonction de lier et stabiliser les articulations. Le tendon ne produit pas de mouvement, mais participe passivement au mouvement. La jonction musculaire s'établit avec les fibres par les lignes Z. Du côté tendineux (partie reliée à l'os), ce sont des fibres de nature fibrillaire qui le relie au squelette. La fonction du tendon est de transmettre au squelette les forces générées par les différentes contractions musculaires.

b) Composition : les tendons sont très peu vascularisés. Ils sont composés principalement de fibres de collagène, d'eau et d'élastine (protéine élastique). Ces fibres de collagène sont très résistantes à la déformation.

c) Jonction ostéo-musculaire : Chaque tendon est entouré d'une gaine de protection des fibres tendineuses qui facilitent leur glissement. Du côté musculaire, elle se prolonge jusqu'au périmysium. Du côté osseux, elle se prolonge jusqu'au périoste (jonction ostéo-tendineuse). On passe à ce niveau d'une formation de collagène à une formation plus minéralisée, qui modifie les propriétés mécaniques par augmentation de la **raideur**.

d) Propriocepteurs sensibles à l'allongement

L'organe tendineux de GOLGI : A la jonction tendon- muscle se trouve les organes tendineux de golgi (O.T.G). C'est un organe proprioceptif informant le système nerveux central sur l'état de tension du muscle et renseigne l'individu inconsciemment sur les perceptions kinesthésiques*. Ces organes sont constitués de faisceaux de fibres collagènes qui relient les terminaisons tendineuses de quelques fibres musculaires appartenant à différentes unités motrices. Ils sont innervés et permettent la transmission d'informations à la moelle épinière.

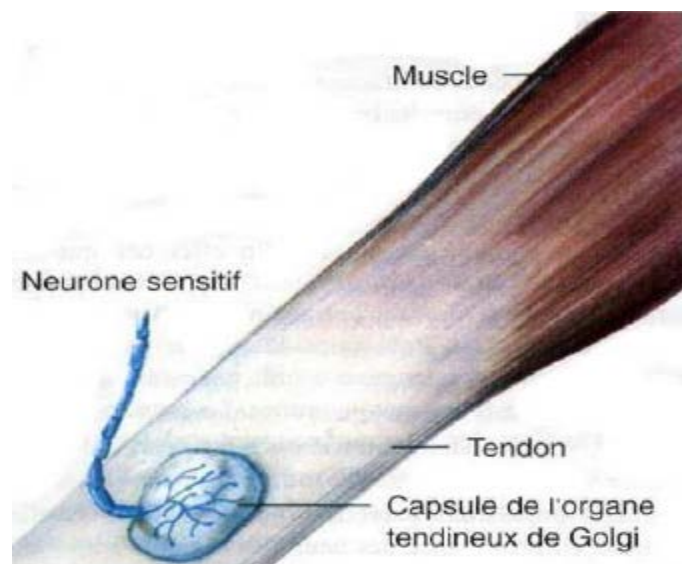


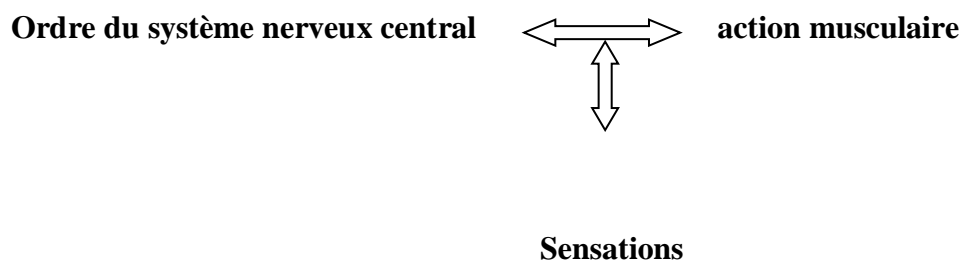
Figure 8. L'organe tendineux de Golgi

Les O.T.G sont sensibles à la tension musculaire. Si cette tension augmente trop brusquement (en intensité et/ou en rapidité), les O.T.G inhibent cette tension par l'envoi d'un signal de contraction du muscle agoniste. Cette interaction permet le réglage de la tension mécanique à l'intérieur d'un muscle squelettique. C'est le réflexe myotatique inverse qui permet, en produisant le relâchement musculaire, de protéger les muscles, les tendons, les lames

tendineuses, les jonctions myotendineuses de trop fortes tensions qui pourraient affecter leur intégrité.

e) Action des fuseaux neuromusculaires

Les fuseaux neuromusculaires (FNM) sont sensibles à la variation de longueur du muscle, que ce soit dans le cadre d'un raccourcissement (contraction concentrique) ou un allongement (étirement ou contraction excentrique). Les FNM répondent à l'étirement, et retendent le muscle lors du raccourcissement pour qu'il se conforme à une nouvelle position, le muscle ajuste ainsi automatiquement sa longueur en toutes situations



Muscle	Fuseau neuro moteur	Sensibilité à la longueur Etirement - allongement	Localisé dans la fibre musculaire	Ajustement de la tension à la longueur
Tendon	Organe de Golgi	Sensibilité à la tension Etirement passif Tension de la contraction	Localisé dans la jonction myotendineuse	Facilitation de la contraction

L'ordre moteur provoque une tension dans le muscle, appréciée par les FNM au sein du muscle, régulée par les OTG au niveau de la jonction myo-tendineuse.

Deux circuits de contrôle qui surveillent les variations de longueur de la partie contractile des muscles et son influence sur les tendons nous intéressent. Ces circuits régulateurs de la souplesse font intervenir différents éléments du système neuromusculaire : les FNM et les O.T.G

Deux paramètres musculaires sont régulés par le système nerveux : la longueur du muscle et la force musculaire. Ces régulations se font en boucle à partir d'informations issues de capteurs situés dans les muscles et les tendons, et tendent à lui faire retrouver l'état initial. Dès que l'état du muscle varie en longueur, des corrections sont mises en oeuvre afin qu'il retrouve sa valeur initiale. S'ajoute à ces variations, des influences intermusculaires et corticales. A la place d'un modèle figé, proposé au départ par les physiologistes, on note désormais que le Système Nerveux Central régule ces paramètres selon les types d'action. Ces circuits sont résumés dans la figure 8 et décrits dans les paragraphes qui suivent.

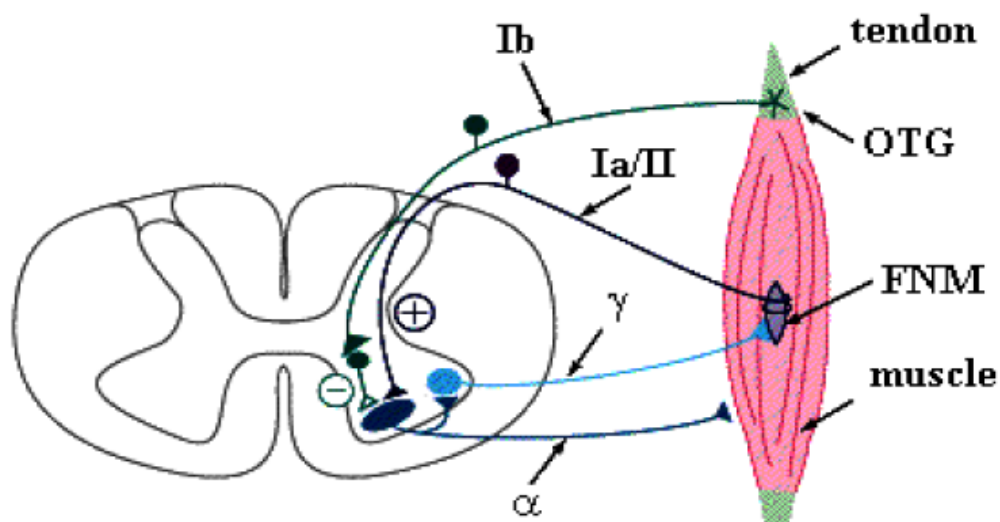


Figure 9 circuits réflexes médullaires du système musculo-tendineux

f) Les différentes sources de raideur.

-Résistances à l'allongement des différentes composantes anatomiques par rapport à la résistance articulaire :

Composants anatomique	% De résistance
Capsule articulaire	47 %
Muscle	41 %
Tendon	10 %
peau	2 %

Tab n° 4 - Récapitulatif des résistances à l'allongement des différentes composantes anatomiques par rapport à la résistance articulaire totale d'après Johns et Wright in FOX et MATHEWS (1981). (1)

- **Le cartilage** : la surface qui diminue, l'épaisseur qui s'amointrit, le cartilage qui se craquelle
- **La synovie** : peu abondante, qui s'épaissit avec l'âge et l'immobilité
- **La capsule** : qui se rétracte par les tensions physiques et mentales
- **Les ligaments** : tensions aussi ou blessures (entorses)
- **Les muscles et fascias** : qui se rétractent aussi par le manque ou l'excès d'AP
- **Les os (forme)** : becs de perroquet, ossification
- **La peau** : les adhérences.

Tous ces éléments ont tendance à de détériorer ou à se rétracter avec l'âge, à cause d'un manque d'exercice (sédentarité) ou à une mauvaise utilisation corporelle.

Par ailleurs l'incapacité du sujet à se relâcher (hyperactivité, peur de la douleur, stress) constitue un frein réel à la souplesse.

¹ Johns et Wright in FOX et MATHEWS (1981) bases physiologiques de l'activité physique. Traduit et adapté par François Péronnet. Paris : Vigot et Montréal : Décarie, 1981

Les ligaments et tendons sont très peu extensibles (élastiques) et vont s'opposer à toute technique de souplesse. Par contre les muscles et les capsules articulaires sont très extensibles et seront, pour cette raison, les structures anatomiques principalement visées dans les exercices d'assouplissement.

Le tonus musculaire : est un facteur limitant la souplesse. Il a une action directe sur le réflexe myotatique (qui se déclenche plus facilement si le tonus est élevé). L'attitude mentale face aux exercices d'étirement sera déterminante sur le résultat. Plus on accepte de se relâcher, de lâcher-prise, moins le tonus sera élevé.

Les muscles posturaux : sont généralement les plus raides de par la grande proportion de tissu conjonctif qu'ils renferment. Les ischio-jambiers (très riches en tissu conjonctif) sont ceux qui ont tendance à se rétracter le plus rapidement lorsqu'ils ne sont pas étirés régulièrement.

La raideur myofaciale : La raideur passive du muscle varie avec l'activité physique. Elle correspond à la force de résistance générée par un muscle en opposition à son allongement. La raideur est plus marquée avant et après l'activité physique (Hagbarth et coll 1985 ⁽¹⁾, Wiegner 1987) ⁽²⁾. Elle peut être éliminée par des étirements passifs ou actifs.

Par contre il peut être intéressant de vouloir augmenter (ou conserver) la raideur musculaire dans le but d'accroître la rapidité de transmission de la force musculaire aux pièces osseuses, et par la même occasion, de rendre les muscles plus prompts à la réaction, ou moins sensibles aux perturbations. Cela leur permet de réagir plus aisément pour le contrôle postural ou l'efficacité des mouvements rapides par exemple.

¹ Hagbarth KE, Hagglund JV, Nordin M, Wallim EU. Thixotropic behavior of human finger flexor muscles with accompanying changes in spindle and reflex responses to stretch. *J.physio.* 1985, 368: 323-342

² Wiegner AW. Mechanisms of thixotropic behavior at related joints in the rat. *J.Appl.Physiol.* 1987, 62: 1615-1621

g) **Test de résistance réalisé sur le ligament du genou** Pour comprendre, les techniques de stretching, nous allons à nouveau faire appel à quelles notions de mécanique des tissus.

Considérons d'abord le cas d'un test de résistance réalisé sur un ligament. Pour se faire, une machine lui impose une traction progressive (stress), pendant que l'on enregistre son élongation jusqu'à ce qu'il y ait rupture totale. La figure 8 est un exemple de ce que l'on peut obtenir dans de telles conditions.

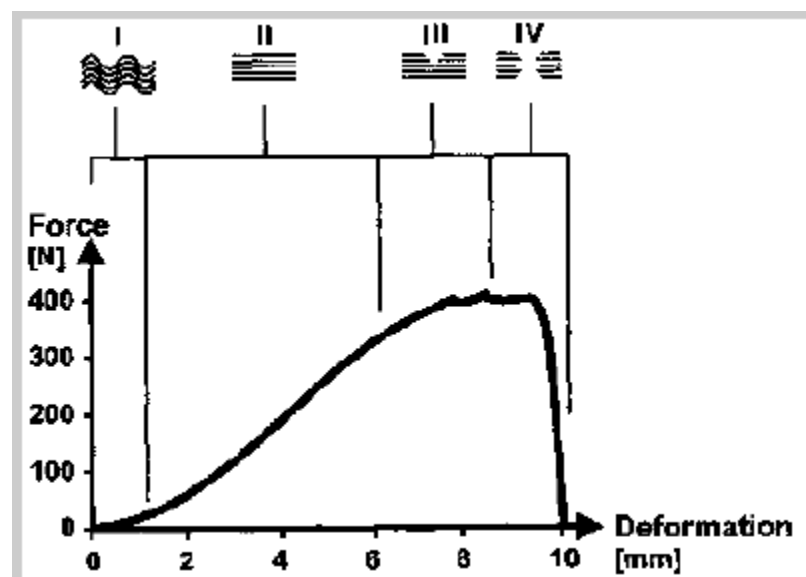


Figure 10 relation stress-déformation (commentaire dans le texte)

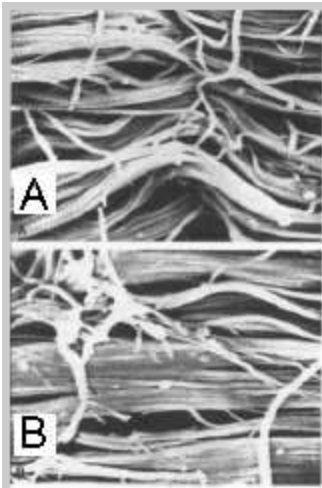


Figure 11 :
Image obtenue par microscope électronique de fibre collagène d'un ligament de genou humain relâché (A) et en charge (B)(Kennedy et coll.1976)

La première est la zone de ré-agencement tissulaire (jusqu'au repère 1) où les fibres de collagènes passe d'un état "désordonné" à un autre où les fibres sont plus ou moins parallèles (ordonnées). Ceci est illustré par la figure 2, montrant des fibres de collagène de ligament du genou d'un homme au repos (A) et en charge (B).

La seconde (entre les repères 1 et 2) est la zone de déformation élastique où le tissu revient à son état initial dès que le stress s'arrête. C'est la zone de fonctionnement physiologique. Généralement, les sollicitations liées à la pratique sportive ne dépasse jamais la valeur maximale mesurée à l'indice 2. Par exemple, Fung (1981) a rapporté des valeurs de 2 à 5% de cette limite maximale d'élasticité pour les tendons et les ligaments lors d'exercices de course et de saut.

La troisième est la zone de déformation plastique (entre les repères 2 et 3) où la charge entraîne une réorganisation moléculaire et un affaiblissement tissulaire. Si l'intrusion dans cette zone n'est que passagère, le tissu se reconstitue et devient plus fort qu'avant pour faire face à une future contrainte qui pourrait provoquer les micro-lésions que l'on observe dans cette phase. Par contre, si le passage dans cette zone se fait de façon répétitive, les micro-fractures ne peuvent être réparées suffisamment vite et le tissu se désagrège, s'affaiblit (le taux de régénération tissulaire est inférieur au taux de dégradation tissulaire).

La quatrième est la zone de surcharge (entre les repères 3 et 4) qui se caractérise par des difficultés à la cicatrisation si le stress continu à être appliqué sans ménager des phases de repos suffisamment longue pour qu'il puisse se réparer. Elle se termine par le point de rupture du tissu lorsque le stress dépasse ses capacités de résistance mécaniques.

Mécanique des biomatériaux. Certains de ces conseils vont vraisemblablement aller à l'encontre des habitudes certains entraîneurs. Pourtant ce sont ceux qui donnent les résultats les plus significatifs tant chez l'animal que chez l'homme.

4) Les réflexes

Les réflexes, sont l'expression la plus simple de l'activité nerveuse. Ils représentent la réponse automatique et prévisible de l'organisme à une excitation externe donnée. Pour fonctionner, l'arc réflexe (figure 9) doit disposer d'un récepteur spécifique (1), d'un neurone sensitif (2) qui va conduire l'information du récepteur jusqu'à la substance grise de la moelle épinière, d'un centre d'intégration (3) (cela peut être une synapse), d'un neurone moteur (4) pour conduire la réponse du centre nerveux vers la partie du corps qui doit réagir, d'un effecteur (5) (muscle ou glande).

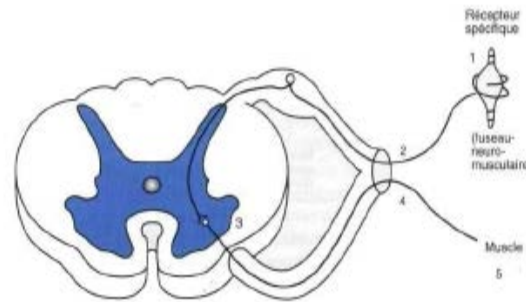


Figure 12. Fonctionnement de l'arc réflexe

L'étirement passif ou actif d'un muscle provoque une contraction réflexe de celui-ci qui a pour objectif de rendre au muscle sa longueur initiale. C'est le réflexe myotatique qui trouve son origine dans les fibres musculaires sensibles, autour desquelles s'enroule le neurone sensitif (2) transporteur des informations vers la moelle épinière. Cette fibre, appelée fuseau neuromusculaire (figure 9), est positionnée en parallèle avec les fibres musculaires striées, responsables de la contraction musculaire.

Ils permettent d'obtenir deux types d'informations concernant la longueur du muscle :

- Sur son amplitude de variation,
- Sur sa vitesse de variation.

Sur le plan physiologique, cette boucle myotatique permet d'ajuster la longueur des muscles agonistes et antagonistes. Elle contribue à la conservation des angles articulaires. Le réflexe myotatique, (Arc réflexe simple « Keidel, 1973 », ou réflexe d'étirement) met en jeu les fuseaux neuromusculaires et provoque la contraction d'un muscle lorsque ce dernier est étiré subitement. Le réflexe d'étirement est un arc réflexe monosynaptique (une seule synapse reliant deux neurones) et ipsilatéral (la stimulation et la réponse s'effectuent du même côté). Ce réflexe est constitué par la contraction d'un muscle lorsque ce dernier est étiré subitement.

Cette double innervation agoniste / antagoniste permet de diminuer la tension lorsque celle-ci est trop importante sur un muscle. On observe alors une décontraction réflexe du muscle agoniste. Ces ajustements de longueur protègent les os et les tissus conjonctifs de tensions excessives qu'ils ne pourraient supporter, contre un étirement abusif de ses structures qui pourrait entraîner des lésions.

4-1) La Physiologie du réflexe d'étirement.

Le réflexe d'étirement provoque la contraction d'un muscle effecteur lorsque ce dernier est étiré subitement. L'étirement léger d'un muscle stimule les récepteurs, appelés FNM, situés dans ce dernier. Ces FNM surveillent les changements qui se produisent dans la longueur du muscle.

En réaction à un étirement, un FNM produit un ou plusieurs influx nerveux qui sont propagés le long d'un neurone sensitif somatique par l'intermédiaire de la racine postérieure du nerf rachidien jusqu'à la moelle épinière. Le neurone sensitif fait une synapse excitatrice avec un neurone moteur dans la corne antérieure. Si l'excitation est assez forte, un influx se produit dans le neurone moteur et est conduit le long de son axone, qui s'étend depuis la moelle épinière jusque dans la racine antérieure. Les terminaisons axonales du neurone moteur forment des jonctions neuromusculaires avec des fibres musculaires squelettiques typiques du même muscle qui contient le FNM activé. Lorsque l'influx atteint le muscle étiré, un potentiel d'action musculaire est généré et le muscle se contracte. Ainsi, l'étirement du muscle est suivi d'une contraction qui raccourcit le muscle déjà étiré. En plus des neurones moteurs qui innervent les fibres musculaires habituelles, il existe des neurones moteurs de diamètre moindre qui innervent de plus petites fibres musculaires spécialisées, situées dans les fuseaux neuromusculaires eux-mêmes. L'encéphale peut régler la sensibilité du fuseau musculaire par le truchement de voies nerveuses qui mènent à ces neurones moteurs plus petits. Ce processus permet au fuseau neuromusculaire de signaler une vaste gamme de longueurs de muscle

pendant les contractions réflexes et volontaires. De plus, en rajustant la vigueur de la réaction d'un fuseau neuromusculaire face à un étirement, l'encéphale peut fixer un niveau global de **tonus musculaire**, soit l'état de légère contraction présente dans le muscle au repos. Dans l'arc réflexe qui vient juste d'être décrit, l'influx nerveux sensoriel pénètre dans la moelle épinière du même côté où l'influx nerveux moteur la quitte. Cette disposition est appelée un **arc réflexe ipsilatéral** (homolatéral). Tous les arcs réflexes monosynaptiques sont ipsilatéraux. En plus de maintenir un tonus musculaire approprié, le réflexe d'étirement rajuste le fonctionnement musculaire pendant l'exercice physique. Puisque le stimulus du réflexe est l'étirement musculaire, ce réflexe aide aussi à prévenir les blessures en s'opposant à l'étirement exagéré des muscles. De plus, il sert de base à plusieurs tests effectués pendant des examens neurologiques (p. 404). L'un de ces réflexes est le **réflexe rotulien** qui provoque l'extension de la jambe si l'on percute le ligament rotulien. Cette action étire les fibres musculaires dans le quadriceps fémoral, ce qui stimule les récepteurs (fuseaux neuromusculaires) situés dans ce muscle. Les influx nerveux sensoriels provenant des récepteurs aboutissent dans la moelle épinière. Les influx nerveux moteurs qui en proviennent génèrent des potentiels d'action musculaires qui provoquent la contraction du quadriceps fémoral et l'extension de la jambe au niveau du genou.

Bien que la voie nerveuse du réflexe d'étirement est monosynaptique (seulement deux neurones et une synapse), un arc réflexe polysynaptique au muscle antagoniste fait cependant intervenir trois neurones et deux synapses. Une collatérale (branche) de l'axone du neurone sensitif du fuseau neuromusculaire fait aussi synapse avec un neurone d'association inhibiteur dans le centre d'intégration. À son tour, ce dernier neurone fait synapse avec un neurone moteur qui excite normalement les muscles antagonistes et inhibe ce dernier (figure 13.7). Ainsi, quand le muscle étiré se contracte pendant un réflexe d'étirement, les muscles antagonistes qui s'opposent à la contraction se détendent.

Ce type de circuit neural, qui provoque simultanément la contraction d'un muscle et le relâchement de l'antagoniste de celui-ci, est appelé **innervation réciproque**. Il empêche les conflits entre les muscles agonistes et antagonistes, et est essentiel à la coordination des mouvements corporels. Nous avons vu, au chapitre 11, que les muscles squelettiques agissent en groupes plutôt que seuls. Chaque muscle du groupe (agoniste, antagoniste, synergique et fixateur) joue un rôle spécifique dans la production d'un mouvement particulier.

Les collatérales de l'axone du neurone sensitif du fuseau neuromusculaire relayent aussi les influx nerveux à l'encéphale le long de voies nerveuses ascendantes spécifiques. De cette façon, l'encéphale reçoit de l'information - sur l'état d'étirement ou de contraction des muscles squelettiques - qui lui permet de coordonner les mouvements musculaires et la posture. Les influx nerveux qui passent à l'encéphale permettent aussi de se rendre compte que le réflexe a eu lieu.

4-2) La physiologie du réflexe tendineux

Alors que le réflexe d'étirement agit comme mécanisme de rétroaction qui règle la *longueur* d'un muscle grâce à la contraction musculaire, le réflexe **tendineux** agit de la même façon sur la *tension* musculaire en provoquant le relâchement musculaire. Le réflexe tendineux a pour tâche de protéger les tendons et leurs muscles associés contre une tension excessive. Les récepteurs destinés à ce réflexe sont les **organes tendineux de Golgi** (figure 15.3b). Ces derniers se trouvent dans le tendon, près de la jonction avec un muscle. Alors que les fuseaux neuromusculaires sont sensibles aux changements de longueur du muscle, les organes tendineux décèlent les modifications de tension musculaire dues à l'étirement passif ou à la contraction musculaire, et réagissent à celles-ci.

Lorsqu'une tension supplémentaire est appliquée à un tendon, l'organe tendineux de Golgi est stimulé (dépolarisé jusqu'au seuil d'excitation). Des influx nerveux sont générés et se propagent vers la moelle épinière le long d'un neurone sensitif (figure 13.8). À l'intérieur de la moelle épinière, le neurone sensitif fait synapse avec un neurone d'association inhibiteur qui,

à son tour, fait synapse avec un neurone moteur qui innerve le muscle associé à l'organe tendineux de Golgi et inhibe (hyperpolarise) ce dernier neurone. Ainsi, à mesure que croît la tension sur l'organe tendineux de Golgi, la fréquence des influx inhibiteurs augmente, et l'inhibition des neurones moteurs du muscle, cause de tension excessive, provoque le relâchement du muscle. De cette façon, le réflexe tendineux protège le tendon et le muscle contre les blessures imputables à une tension excessive.

Le neurone sensitif de l'organe tendineux de Golgi fait également synapse avec un neurone d'association excitateur dans la moelle épinière. Ce dernier, à son tour, fait synapse avec les neurones moteurs qui régissent les muscles antagonistes. Ainsi, le réflexe tendineux provoque non seulement le relâchement du muscle lié à l'organe tendineux de Golgi, mais aussi la contraction des muscles antagonistes. Il s'agit d'un autre exemple d'innervation réciproque.

Le neurone sensitif relaye aussi les influx nerveux à l'encéphale, à l'aide de voies sensorielles et informe ainsi l'encéphale sur l'état de tension musculaire dans tous les muscles du corps. (1)

5-Le tonus musculaire (2)

Le tonus représente l'état permanent d'activité fondamentale des muscles.

La régulation du tonus dépend de différents centres nerveux (cervelet, cortex, mésencéphale)

Selon la pathologie rencontrée, Il peut être perturbé, il est alors soit diminué, soit augmenté, ou encore variable selon les cas.

On évalue la diminution ou l'augmentation du tonus par la diminution ou

l'augmentation de la résistance lors de la mobilisation passive d'un segment de

¹ PRINCIPES D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE TORTORA ET GRABOWSKI –
De Boeck Université (pp. 399, 400).

² Xhardez, Y. VADE-MECUM de KINESITHERAPIE, Ed. Maloine Cours de neurologie et de pédiatrie de l'Ecole de Physiotherapeutes de Genève

membre.

6) LES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

La source principale de l'énergie dans l'univers provient du soleil, cette énergie peut être sous forme lumineuse absorbé a son tour par les plantes qui la transforme en énergie chimique.

Le corps est une machine qui transforme cette énergie sous forme mécanique pour les contractions musculaires et thermique dissipée sous forme de chaleur.

les cellules utilisent l'adénosine triphosphate (ATP), comme principale source d'énergie, pour produire de l'énergie électrique, chimique, thermique et mécanique. L'ATP est une molécule composée de trois phosphates. Quand les liens entre les trois phosphates se brisent, de l'énergie est libérée et peut être utilisée.

Ce premier système énergétique est très puissant car il produit de l'énergie très rapidement. Cependant, les réserves d'ATP sont plus ou moins faibles; on estime qu'elles peuvent soutenir un effort intense pendant 2 à 4 secondes.

À l'effort maximal, il y a un déploiement partiel de l'ATP, partiel, car les autres filières énergétiques peuvent être utilisées pour produire de l'ATP. Pendant la période de récupération, la moitié des pertes d'ATP est régénérée en 1 à 3 minutes et les réserves sont complètement refaites en dedans de 15 minutes. Il est intéressant de relever qu'à un effort sous-maximal (c'est-à-dire 75% et moins du VO₂ max) les réserves d'ATP sont complètement renouvelées en 3 minutes ou moins.

Étant donné que l'ATP est la seule source d'énergie directe de la contraction musculaire et que les réserves de cette essence sont limitées, pour poursuivre un effort, il faut resynthétiser

de l'ATP. L'énergie nécessaire à la reconstruction synthèse de l'ATP provient de plusieurs filières énergétiques

a) Filière anaérobie alactique (sans oxygène et sans production d'acide lactique)

Cette première filière énergétique est aussi un système très puissant car elle permet d'obtenir une source immédiate d'énergie en resynthétisant de l'ATP très rapidement. Tout comme l'ATP, la filière anaérobie alactique utilise une autre molécule riche en phosphate : la créatine phosphate (CP). La CP est considérée comme étant le réservoir principal au maintien des concentrations en ATP à l'exercice.

Les réserves de créatine phosphate sont faibles, cependant, les spécialistes considèrent que celle-ci est trois fois la quantité des réserves d'ATP. Donc, pour effectuer un effort intense avec cette filière, un individu dispose de 6 à 12 secondes d'action.

b) Filière anaérobie lactique (sans oxygène avec production d'acide lactique)

Dans cette deuxième filière, lorsque les réserves de CP diminuent, les cellules commencent à dégrader le glycogène musculaire pour produire de l'ATP. On nommera ce processus glycolyse anaérobie.

Tout comme la filière précédente, celle-ci est relativement puissante et rapide, mais sa capacité est potentiellement

réduite. Le processus de la glycolyse anaérobie permet au muscle de continuer un certain effort, mais seulement dans

l'optique d'une courte période. Cette autre réserve énergétique peut compenser pour un effort relativement intense de

2 à 3 minutes. La cause qui limite le processus de glycolyse anaérobie est l'accumulation d'acide lactique dans le

muscle et le sang. Cette acidification est une des causes majeures de la fatigue à l'effort.

Dans la possibilité où l'on inclut un apport de glucides dans la période de récupération de cette filière, le système en

cause peut se régénérer dans un délai de plus ou moins deux à trois heures.

c) Filière aérobie (avec oxygène)

Cette troisième filière a la possibilité de produire de l'énergie à long terme. Pour être en mesure de produire cette

énergie, cette filière se sert du glycogène (qui est converti en glucose), du glucose sanguin et des acides gras.

Donc, pour obtenir de l'énergie, ces molécules sont dégradées de manière à transférer l'énergie produite dans un

milieu où l'ATP peut être renouvelée, c'est-à-dire dans la mitochondrie (celle-ci peut être considérée comme étant la

fabrique de production énergétique de la cellule musculaire.

L'utilisation aérobie du glycogène est beaucoup plus productive en terme d'ATP, car elle en produit 13 fois plus que son utilisation anaérobie. Cependant, la puissance et la rapidité de production générée par celle-ci sont beaucoup plus faibles.

Concernant les acides gras, les lipides peuvent être oxydés. Par contre, ils doivent avant tout être mobilisés et ce

procédé se nomme la lipolyse. Les graisses sont un immense réservoir d'énergie, mais avec une puissance réduite.

CHAPITRE IV :
**Les exigences physiques du
football moderne**

INTRODUCTION

Le football est un sport pratiqué avec enthousiasme partout dans le monde. Il lie le plaisir et la combativité, et l'art du ballon du joueur individuel avec les performances tactiques de l'équipe. Grâce à la combinaison de la force, de la vitesse et de l'endurance, le football est un sport idéal pour tous ceux qui recherchent la diversité et l'équilibre. En tenant compte de sa structure nous pouvons définir le football comme « Un sport collectif où se produit une interaction motrice entre les participants, suite à la présence de partenaires et adversaires, en utilisant un espace commun (normalisé et sans incertitude) et avec une participation simultanée par une coopération /opposition ».

Dans notre pays, les procédures, techniques, systèmes et méthodes employés ont assez varié dans les dernières années avec les sciences du sport, on a obtenu actuellement des connaissances qui aident la conception et le développement de l'entraînement sportif, en contribuant à ce qu'il soit effectué avec une plus grande efficacité. De cette manière, le football son entraînement et sa compétition, se transforme en objet d'étude et de problématique scientifique, en produisant des théories qui doivent être considérées pour un meilleur développement de la pratique. Qui demande une connaissance fine et experte de l'activité pratiquée. Il est nécessaire de définir les critères physiques de performance : de football ce sont les qualités de vitesse, de force, de puissance qui font la différence.

De plus il est important de connaître les exigences physiologiques (énergétiques et Métaboliques) et biomécaniques (musculaires et traumatiques) de l'effort réalisé en football. Pour mettre en place une préparation physique efficace (charge, volume d'entraînement) En adéquation avec le niveau de jeu et les capacités individuelles.

Il convient également de comprendre les répercussions des efforts sur l'organisme et de Prendre en compte les notions de fatigue, de récupération et d'individualisation de L'entraînement.

1-L'entraînement en football

L'entraînement est une notion extrêmement complexe. C'est l'application systématique de stimuli à l'organisme en tenant compte de son seuil de tolérance physique.

Les modifications provoquées par ces stimuli dans l'organisme conduisent à une amélioration des performances, à condition toutefois de doser judicieusement l'équilibre efforts-récupération.

L'entraînement a pour objectif de développer les adaptations nécessaires à l'organisme pour pouvoir produire un effort propre à la spécialité.

C'est l'ensemble des processus visant à mener progressivement un sportif à son meilleur niveau en fonction d'objectifs précis.

Pour déterminer un objectif, il faut tenir compte des possibilités de l'équipe (infrastructure, personnels.) du niveau de préparation (de sa propre équipe et des équipes adverses), du championnat ou coupe), du niveau dans lequel évolue l'équipe (Division) Des résultats de l'évaluation des joueurs sur tous les plans (physique, technique, tactique et mentale),

Des résultats obtenus par l'équipe dans les matchs de championnats (D.U.Lille, 17 novembre 2006)

2-la condition physique

L'aptitude est la capacité que possède l'individu et qui lui permet de répondre de manière adéquate aux exigences d'une activité physique.

L'aptitude d'un individu dépend de nombreux facteurs ; physiologiques et psychiques, qui jouent de façon de très inégale suivant les activités sportives envisagées.

Ce sont là divers éléments qui permettent de comprendre les différences d'aptitudes entre des individus ou l'évolution de celle-ci chez un même sujet.

Il ne faut pas les confondre avec les facteurs de la performance qui constituent les supports physiologiques et psychiques d'une prestation de haut niveau (Dufour, 1974)

3-Les composantes de la condition physique :

a) **l'endurance** : L'endurance est considérée comme la « faculté d'effectuer pendant longtemps une activité quelconque sans qu'il y ait une baisse de son efficacité » Zatsiorsky, Les qualités physiques du sportif, Culture physique et sport, Moscou, 1966. Ou comme la « capacité psychophysique du sportif de résister à la fatigue » (Weinek, 1990)

C'est la capacité de maintenir un effort le plus longtemps possible quelque en soit l'intensité et sans perte de rendement, et que possède l'organisme pour résister à la fatigue Nous avons différencié :

L'endurance aérobie ; -L'endurance anaérobie lactique ; -L'endurance de force ; L'endurance de vitesse

- **l'endurance aérobie** : Elle correspond à des efforts dynamiques (courir, sauter, dribler, etc.) faisant appel au processus énergétique à dominante aérobie Deux voies peuvent être distinguées :

-L'aérobie capacité : C'est la capacité de produire un effort d'intensité modérée pendant une longue durée. Elle favorise le développement des fonctions : respiratoire, cardiaque, circulatoire.

-L'aérobie puissance : Elle correspond à la quantité maximale d'énergie (A.T.P) que le métabolisme aérobie du sportif peut fournir par unité de temps.

D'une durée comprise entre 2-3 minutes et 10 -12minutes, elle fait appel au métabolisme aérobie et anaérobie

-**l'endurance anaérobie lactique** : C'est la capacité de produire des efforts d'une durée comprise entre 30 secondes et 1minute 30 voire 2minutes et d'une vitesse de déplacement correspond au maximum d'intensité possible d'une course à dominante anaérobie lactique.

Elle entraîne une production importante de lactates.

- **L'endurance de vitesse** : peut être comprise :

-Soit comme la capacité de maintenir le plus longtemps possible la vitesse maximale de course, liée au métabolisme anaérobie alactique capacité ;

-Soit comme la capacité de répéter pendant l'entière durée d'un match une quantité maximale d'efforts –type vitesse –sans baisse de performance de la vitesse maximale

-**l'endurance de force** : Capacité de maintenir une performance de force à un niveau constant pendant la durée d'une activité sportive.

Composante de l'endurance aérobie et d'un pourcentage de la force maximale (Leroux, Octobre 2006, pp. 194-195-198)

-**Exigences de l'endurance de courte, moyenne, et longue durée** :

Exigence de l'endurance de courte durée (efforts de 45s à 2min) : L'endurance de courte durée a largement recours à la mobilisation des sources d'énergie anaérobie .Il ne faut pas pour autant délaisser la capacité aérobie qui a son importance dans le processus d'entraînement (endurance de base), même dans le domaine de l'endurance de courte durée

Les facteurs déterminants pour la mobilisation de l'énergie par voie anaérobie :

-le niveau des réserves cellulaires de glycogène.

-La capacité métabolique des enzymes de la glycolyse anaérobie.

- La capacité des enzymes, de fonctionner malgré une concentration d'acide très élevée

Les méthodes et les contenus d'entraînement susceptibles d'améliorer les facteurs déterminants de l'endurance de courte durée sont :

-La méthode de compétition

-La méthode par répétition avec une durée effort voisine de la glycolyse anaérobie maximale

-La méthode par intervalles de courte durée à caractère intensif.

-La course avec changement de cadence et la course en cote .

-Exigences de l'endurance de moyenne durée (2à8min) : Selon la distance choisie pour l'entraînement, l'endurance de moyenne durée dépend du métabolisme anaérobie et aérobie

Les facteurs déterminants de l'endurance de moyenne durée sont :

-Le niveau de la capacité anaérobie.

- Le niveau de la capacité aérobie, qui est déterminé par la circulation sanguine, et les paramètres du métabolisme (réserve d'énergie, capacité des mitochondries).

Les méthodes et contenus d'entraînement permettant de développer l'endurance de moyenne durée réunissent les méthodes et les contenus propres à développer la capacité anaérobie aussi bien que ceux propres à développer la capacité aérobie. aux méthodes déjà citées s'ajoutent la méthode de course continue, et la méthode par intervalles moyens et longs

-Exigences de l'endurance de longue durée : Dans l'endurance de longue durée la capacité aérobie est le facteur limitatif de la performance. Dans l'endurance de longue durée de type II (30-90min), et de type III en particulier (plus de 90min), l'oxydation des acides gras libres (AGL) occupe une place de plus en plus importante dans la production d'énergie aérobie, et avec l'augmentation de la durée de l'effort d'intensité moyenne, les graisses peuvent fournir jusqu'à 70 % de l'énergie utilisée (PAUL et HOMES 1975.176).

Les méthodes et les contenus de l'endurance de longue durée sont les suivants :

-entraînement à la course de longue durée dans la zone du seuil anaérobie (jusqu'à 60min) en forêt, en terrain varié, cross.

- entraînement de la course de longue durée dans la zone du seuil aérobie (jusqu'à 2h).

-course avec changement de cadence.

-course de longue durée par intervalles.

-fartlek, etc.

-Les bases anatomo-physiologiques de l'entraînement de l'endurance :

Pour mieux comprendre l'effet des divers moyens et méthodes d'entraînement et pouvoir les employés de façon plus rationnelle pour l'amélioration des différentes capacités de l'endurance

Il faut avoir une connaissance assez éclairés des lois de la biologie et de la physiologie de la performance

-En fonction du type de fibres musculaires :

L'homme possède deux principaux types de fibre musculaire :les fibres lentes(st ou fibre de type I) et les fibres rapide(ft ou fibre II)

Les fibres musculaires (st) sont douées pour l'endurance et les fibres musculaires (ft) sont pour la force vitesse et la force explosive

-En fonction des réserves énergétique cellulaire de l'activité enzymatique hormonale de régularisation

Le processus biochimique d'adaptation déclenche par l'entraînement au niveau de la cellule se déroule dans l'ordre suivant (jakovlen 1976,66) :

-Augmentation de la concentration des sources d'énergie

- Intensification de l'activité enzymatique
- Perfectionnement du mécanisme de régulation

-Capacité de performance d'endurance et réserves cellulaires d'énergie :

Le muscle consomme de l'énergie qu'il tien de combattions des substrats énergétique ; ces substrats peuvent être réservées dans le muscle et immédiatement disponible pour les besoins de contraction musculaire sous forme de glycogène et aussi sous forme de triglycérides

- Plus la réserve de glycogène sont élevées plus la capacité de travail intensif est importante
- l'entraînement d'endurance augmente non seulement la réserve de glycogène mais aussi les réserves intracellulaires de triglycéride
- l'augmentation parallèle des réserves intracellulaire de glucose et de graisse est avec l'augmentation du taux de glycogène dans le foie l'une de condition principale de l'amélioration des capacités de performance de l'endurance

-Capacités de performance de l'endurance et activités enzymatique :

Les processus d'adaptation résultant de l'entraînement ne se déroulent pas séparément d'accroissement des réserves énergétiques s'accompagne donc d'un accroissement de l'activité des enzymes qui assurent la transformation de ces substances énergétique

Ainsi que le montrent de nombreuses études d'activités enzymatiques augmente dans le sarcoplasme (lieu de production énergie anaérobie) ou dans le mitochondrie (lieu de production d'énergie aérobie)

- l'entraînement aérobie assure une forte participation d'enzyme aérobie et augmente leur vitesse de transformation métabolique par une sensible intensification de leur activité ce qui augmente les capacités de résistance de la patine

-Capacités d'endurances et mécanismes de régulation hormonale :

Les processus métabolique de l'organisme humain sont commandés par des mécanismes hormonaux très élaborés que l'entraînement affine encore ; l'entraînement de l'endurance produit différentes modification et adaptations du système hormonal qui contribue a l'amélioration de la performance

-Capacités de performance d'endurance et paramètre cardio-vasculaire

Tout stimulus d'entraînement agit avant tout sur la cellule ; le système cardio-vasculaire n'étant qu'un mécanisme auxiliaire qui doit répondre aux besoins du métabolisme cellulaire

- le maintien de l'équilibre entre les besoins en oxygène de la cellule musculaire et ce qui lui apporté est lié au systèmes suivant (cf,h,eht 1972, 359 ;keul,kinderman et Simon 1978,23)

- échange gazeux dans le poumon (capacités de diffusion)

- pompe cardiaque

- Transport d'oxygène par le sang

- Réseau capillaire (capacités d'échange). (Weinek, 1990, pp. 111-119)

-Du point de vue physiologique, les facteurs limitant de la force sont :

- le diamètre transversal des muscles, autrement dit leur dimension.

-la fréquence des impulsions transmises aux muscles par les neurones moteurs.

-le niveau de synchronisation des unités motrices.

les personnes sédentaire ne parviennent pas a utiliser en même temps plus de 30 à50% de leurs unités motrices, alors que les sujets particulièrement entraînés et doués sont capables de mettre simultanément en action la presque totalité de leurs unités motrices. (Weinek, 1990, p. 141)

(Leroux, Octobre 2006, pp. 194, 195, 196,197,198)

b)-La force

Définition : Liée à la puissance musculaire et à l'endurance aérobie c'est la capacité de vaincre une résistance extérieure ou de s'y opposer.

-la force maximale : aptitude du système neuromusculaire à exercer un maximum de force au cours d'un effort unique, elle correspond à une résistance maximal « (R.M) », qui représente la charge la plus lourde qu'un sportif parvient à soulever en une seule fois. La connaissance de cette « R.M » est nécessaire pour calculer et programmer les charges à développer dans un entraînement de force.

-la puissance : Capacité à exécuter un mouvement explosif, le plus vite possible, elle résulte de la combinaison de la force maximale et de la vitesse : $P = F \times V$

Permet d'effectuer des mouvements à une vitesse la plus importante possible contre une force « submaximale ».

Impose un travail qualitatif et équilibré entre un pourcentage de force « MAX » et la vitesse maximale.

Qualité certainement centrale en football, qui peut être précisée à travers deux notions :

-l'explosivité : Capacité du système neuromusculaire à augmenter brusquement le niveau de puissance musculaire ; qualifie la « puissance » d'un supplément de soudaineté voire d'inattendu.

Cette explosivité se manifeste à travers « la détente » qui se traduit par la capacité à surmonter une résistance avec la plus grande vitesse de contraction possible, qualité s'exprimant par

l'aptitude à propulser le corps vers le haut (détente verticale) ou vers l'avant (détente horizontale).

- **la puissance réactive** : Capacité de produire une force de « rebondissement » après une réception, déterminante dans les changements rapides de direction, dans l'enchaînement de gestes explosifs (ex : un coup de tête+ démarrage s'apparente aux exercices de pliométrie...).

(Leroux, Octobre 2006, pp. 197-198)

-Du point de vue physiologique, les facteurs limitant de la force sont :

- le diamètre transversal des muscles, autrement dit leur dimension.

-la fréquence des impulsions transmises aux muscles par les neurones moteurs.

-le niveau de synchronisation des unités motrices.

les personnes sédentaires ne parviennent pas à utiliser en même temps plus de 30 à 50% de leurs unités motrices, alors que les sujets particulièrement entraînés et doués sont capables de mettre simultanément en action la presque totalité de leurs unités motrices. (Manno, 1989, p. 85)

-Modalités de la force :

La force ne se manifeste jamais dans les différents sports sous une forme abstraite (pure) mais à travers une combinaison, plus ou moins nuancée, de facteurs physiques qui conditionnent la performance

-force maximale ; est le maximum de force que puisse employer le système neuromusculaire pour contraction maximale volontaire

-force vitesse ; désigne la capacité qu'a le système neuromusculaire de surmonter les résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible (harré 1976,124 : Frey 1977,343).

-force d'endurance ; C'est la capacité qu'à l'organisme se résister a la fatigue pour un effort de longue durée

Les critères de la force d'endurance sont intensité du stimulus(en de la force de contraction maximale) et le volume de stimulus (somme de répétition)

-Physiologie de l'entraînement de force

-Effets de l'entraînement de la force sur le system neuromusculaire

-Augmentation de réserve d'énergie et des enzymes des métabolismes aérobie :

Un entrainement prédominant de la force ne conduit pas seulement a une hypertrophie du muscle, mais a une augmentation des réserves en glycogène et en composés phosphates riches en énergie

- Amélioration de la coordination intra et intermusculaire :

Comme le montre la pratique sportive, des le début d'un entrainement de la force, on observe dans les moindres délais une augmentation de la force. Cette augmentation ne peut s'expliquer que par l'amélioration de la performance de coordination.

-Amélioration de l'innervation intramusculaire :

L'amélioration de la faculté de coordination intramusculaires 'explique par une meilleure innervation.

-Augmentation du volume musculaire (hypertrophie) : On peut dire d'une façon générale que la force musculaire dépend surtout de la section transversale.

-Multiplication des fibres musculaires (hyperplasie) : a été observé non seulement sous l'effet d'un entrainement de la force d'intensité extreme, mais aussi dans le cadre de la croissance

musculaire qu'au cours d'une récupération musculaire à la suite d

les principes de l'entraînement de la force :

L'entraînement de la force, organisé en moyens et en méthodes, se définit en considérant ;

-la forme des exercices physiques d'entraînement générale ou spécifique

-orientation dominante de l'entraînement (force maximale, force de vitesse)

-le type de contraction musculaire (entraînement statique et dynamique)

-la méthode de travail (séries, répétition, entraînement en circuit, par ateliers, en pyramide)

(Manno, 1989, p. 92)

c)-la vitesse

Introduction : Le footballeur d'aujourd'hui a de moins en moins d'espace, il doit agir le plus vite et le mieux possible. La vitesse de jeu actuelle entraîne une vitesse d'exécution qui doit être optimisée. Cette notion de vitesse d'exécution est bien évidemment liée à la capacité d'enchaînements techniques du joueur, à son anticipation et à sa perception du jeu. De nos jours, la majorité des buts marqués sur des attaques rapides. Les joueurs modernes doivent alors associer vitesse et technique, et pouvoir répéter des actions explosives le plus longtemps possible et avec une qualité d'exécution constante tout au long du match. Si le joueur n'est pas en bonne condition physique, ses qualités de footballeur ne s'exprimeront pas aux mieux. Le travail de la vitesse est délicat et précieux. Les joueurs doivent faire des exercices en vitesse pure sans ballon, en vitesse spécifique avec et sans ballon et en vivacité. Le travail de vitesse est un travail d'optimisation. (Dellal, 2008, p. 60)

Définition : C'est la capacité d'exécuter une action motrice dans le temps le plus court possible.

-Qualité physique complexe relevant non seulement des capacités conditionnelles et coordinatives, mais aussi psychiques et que se révèle tares délicat à développer.

-Qualité qui révèle du processus anaérobie alactique.

-certain nombre de ces composantes jouent un rôle important dans la capacité de performance du footballeur (Leroux, Octobre 2006, p. 196)

-Linter de travail de la vitesse : Le footballeur d'aujourd'hui n'a pas assez dépasse ou de surface de jeu, donc il doit agir le plus vite et le mieux possible, afin de réussir l'action.

La vitesse de jeu entraîne une vitesse d'exécution, liée à la capacité d enchainement technique, par son anticipation et sa perception du jeu, qui doit être optimisée

Les joueurs modernes doivent associer vitesse et technique, et pouvoir répéter le plus longtemps possible

-Le travail de vitesse est délicat et précieux, l'entraînabilité de cette qualité se repose sur des exercices de musculation spécifique, des exercices de vitesse pure sans ballon, vitesse spécifique avec et sans ballon et en vivacité, car les joueurs doivent toujours être en top.

Les composantes de la vitesse :

- vitesse de perception, d'anticipation, de discision :

Bases cognitives qui permettent d'agir et de réagir avant les choix et les actions

-vitesse de réaction : réagir à l'appel d'un signal (acoustique, visuel)

-vitesse de démarrage : vitesse –force les premières foulées de la course.

-vitesse d'exécution :(avec ou sans ballon) capacité de se mouvoir et de déplacer a grande vitesse dans la course

-vitesse d'accélération : principale qualité du joueur, lors de contre attaque ou de changement de rythme

-Endurance de vitesse : capacité de maintenir pendant une longue distance la vitesse maximale

Ex : un défenseur latéral qui fait un appel en profondeur puis revient à se placer à grande vitesse dans sa zone

Les facteurs qui influencent la vitesse :

-1/ type de musculatures- fibres FT rapide-

-2 /force et élasticité musculaire

-3 /disponibilité d'énergie

-4/processus neuromusculaire et capacité de coordination

-5/facteurs anthropométriques –taille-poids- morphologie

-6/mental, fatigue, état d'échauffement

Le principe d'entraînement de vitesse : L'entraînement de la vitesse anaérobie a lactique, de vitesse de sprint de démarrage, de conduite du ballon avec changement de direction etc., est très important dans la préparation du joueurs. Cette forme intégrée (vitesse+technique, vitesse technico-tactique)qui favorise la qualité coordinatrice ,est fondamentale dans l'entraînement ,elle permet la transposition de la vitesse maximale dans les actions individuelles et collectives du jeu, c'est la vitesse optimale du footballeur.

Bien que la vitesse anaérobie lactique (endurance de vitesse) ne joue qu'un rôle secondaire dans le football ,il est toutefois nécessaire d'introduire dans la séance de vitesse des efforts maximum de 10 sec-15sec .Ce type d'entraînement lactique(appelé aussi capacité de résistance

)permettra au joueur de prolonger sa phase intensive maximale en favorisant aussi le travail du métabolisme.

La tendance actuelle est d'organiser une séance de force avant l'entraînement de la vitesse par un travail lourd-léger pour arriver à la transformation de la force

L'entraînement de la vitesse est toujours un travail qualitatif qui demande un engagement mental (concentration, attention, volonté) et haute motivation d'où l'importance de la variété des formes d'entraînement.

-On termine toujours l'entraînement de la vitesse par des exercices d'assouplissement et de stretching.

-Dans le cycle hebdomadaire, on planifie deux séances de vitesse spécifique :en début a base de vitesse d'exécution et en fin de semaine sur la vitesse réactive forme de réaction et vivacité .

La durée de la séance de vitesse et son contenu sont programmées en fonction des facteurs d'entraînement qui agissent sur la vitesse, par expérience on peut dire aussi qu'une séance d'entraînement de la vitesse qui précède un entraînement technique favorise la qualité de cet entraînement grâce à la capacité de coordination très sollicitées dans la vitesse (FIFA, 2004)

d)-la coordination

Définition : « La coordination correspond à la capacité des sportifs à maîtriser des actions dans des situations prévisibles (automatisme) ou imprévisibles (adaptation), de les exécuter de façon économique et d'apprendre assez rapidement les mouvements. » Frey(1977).

Dans un contexte plus physiologique, Hahn(1982) la définit comme « l'action simultanée du système nerveux central et du muscle squelettique afin d'exécuter un mouvement volontaire de

telle sorte qu'il y ait un enchaînement harmonieux entre les différentes composantes de ce mouvement ».

-Les objectifs de la coordination : Hawkins(2004) a relaté que durant un match de football les joueurs effectuaient plus de 450 changement de direction de plus de 90°, des sauts des tacles, des passe longues et courtes, des courses arrières, ... Tous ces éléments qui s'enchaînent de manière aléatoire durant le match nécessitent une coordination de qualité car il faut les effectuer en présence de joueurs adverses et par rapport à ses partenaires. Elle se développe majoritairement durant la période prépubairtaire et la puberté.

-Sur le plan

individuel : La coordination propre à l'individu est une composante indispensable à la performance de tous les sports et quel que soit le niveau de pratique. Sur le plan individuel, son rendement est directement lié à différentes notions d'ordre psychomoteur, la perception, l'anticipation, le traitement de l'information, le feed-back, les démentions spatio-temporelles, l'apprentissage.

-Apprentissage et performance : La vitesse d'exécution des footballeurs est l'une des principales composantes de la coordination que les joueurs professionnels ont à répéter, développer et à améliorer. Elle fait partie intégrante de la performance de haut niveau. Cette performance est maintenue par une répétition des gestes dans diverses situations, par l'expérience et l'entraînement.

Sur le plan de l'apprentissage, la coordination concerne essentiellement les jeunes footballeurs. Elle constitue la base des facultés d'apprentissage moteur et d'optimisation de la performance. Dès le jeune l'enfant doit acquérir une motricité spécifique à l'activité, courir en conduisant la balle, dissocier les segments inférieurs et supérieurs, contrôler la balle tout en s'orientant par rapport à un partenaire ou un adversaire. Le jeune footballeur va apprendre à se coordonner grâce à des parcours ludiques.

-Habilité et adresse : La coordination coïncide avec la notion d'adresse. Elle est un élément essentiel à des réalisations technique des plus simples aux plus complexes. Sans un minimum de coordination, le joueur aura du mal à effectuer des taches simples comme jongler. Les entraîneurs doivent trouver des une progressivité dans l'évolution de l'apprentissage afin d'aller du simple aux complexe .La répétition des gestes devra faire la partie intégrante de toute la vie footballistique du joueur, il répétera régulièrement « ses gammes ».

-Economie d'énergie : Une bonne coordination gestuelle permet une économie d'énergie. Le joueur doit effectuer un mouvement le plus fluide et le plus efficace possible tout en ayant un relâchement musculaire. Ces éléments permettront de réduire le cout énergétique. (Dellal, 2008, pp. 47- 48- 49)

-importance de la capacité coordination : la capacité de coordination est une condition préalable de la maîtrise de situations motrices nécessitant une action rapide et ciblée. C'est une qualité de grande importance pour la prévention des accidents (collisions, chutes, etc.)

-la capacité de coordination est à la base des facultés d'apprentissage sensori-moteur. Plus son niveau est élevé, plus l'apprentissage de mouvements nouveaux, difficiles, sera rapide et précis.

-Un bon développement des capacités de coordination assure la poursuite de l'amélioration de la performance dans les années d'entraînement suivantes.

-L'économie réalisée par la coordination motrice est inhérente à la grande précision du contrôle moteur et se traduit par la possibilité de répéter des mouvements identiques avec une moindre dépense de force et d'énergie, ainsi l'adresse détermine-t-elle le degré d'exploitation maximale des capacités de la condition physique qui détermine à leur tour la performance.

-les composantes de la capacité coordination :Il est important, dans l'entraînement de la coordination d'identifier ses différentes composantes car la capacité de coordination ne peut être

améliorer qu'à la condition que chacune de ses derniers soit développée systématiquement et efficacement qui sont :

1-Capacité de combinaison : Meinel et Schnabel(1987,250) entendent par capacité de combinaison la capacité de corréler les mouvements de différentes parties du corps et de les intégrer de façon coordonnée à un mouvement de l'ensemble du corps qui est l'objectif de l'exercice moteur.

2-Capacité d'analyse : D'après, Meinel et Schnabel (1987,248), c'est la capacité d'atteindre un haut degré d'harmonisation de détail entre les différentes parties du corps qui se traduit par une grande précision et une grande économie dans l'exécution du mouvement.

3-Capacité d'équilibre : C'est la faculté de maintenir le corps dans une position d'équilibre, de maintenir ou de rétablir une position d'équilibre malgré un déplacement.

D'après, Meinel et Schnabel (1987,253).

4-Capacité d'orientation :Meinel et Schnabel(1987,252) entendent par la capacité d'orientation, c'est la capacité de déterminer et de modifier la position et les mouvements du corps dans l'espace et dans le temps en fonction d'un champ d'action déterminé .

5-Rythmicité : Meinel et Schnabel(1987,255) entendent par rythmicité la capacité de saisir un rythme donné de l'extérieur et de le reproduire à travers un mouvement et la capacité de traduire par un mouvement un rythme que l'on a soi-même conçu intérieurement.

6-Capacité de réaction : Meinel et Schnabel(1987,251) entendent par la capacité de réaction comme la capacité de d'intervention rapide et d'exécution fonctionnelle d'actions motrices à court terme sur un signal donné. La question est de réagir au bon moment à une vitesse adéquate, la vitesse maximale étant généralement aussi la solution optimale.

7-Capacité de réadaptation (réajustement) : Meinel et Schnabel(1987,254) désignent ainsi la capacité, au vu ou en prévision de changements de situation, de transformer l'action motrice en cours d'exécution pour l'adapter à la situation nouvelle ou la poursuivre sous une autre forme.

-Bases anatomo-physiologiques des processus de contrôle et de régulation du mouvement de l'action sportive :

Pour mieux comprendre le processus d'ensemble et la complexité de l'action motrice, il faut d'abord analyser les composantes fonctionnelles partielles qui le constituent et sur lesquelles repose la capacité de coordination.

1-Réception et traitement de l'information par les récepteurs sensitifs. La qualité de ce processus dépend de la capacité d'analyse du sportif.

2-Anticipation et programmation de l'acte moteur, par référence à l'expérience motrice enregistrée en mémoire, avec l'aide de programmes ou d'éléments de programme déjà existants. La vitesse et la capacité de ce processus sont fonction du répertoire moteur passif.

3- Innervation de la musculature nécessaire par les fibres nerveuses efférentes (exécution du mouvement).

4-Rétro-information constante portant sur le déroulement gestuel, avec comparaison simultanée des valeurs effectives et programmées avec celles de l'objectif moteur anticipé.

5-Eventuellement : envoi d'impulsion correcte aux muscles par le système nerveux central, pour ajuster le mouvement. (Weinek, 1990, pp. 399-405)

e)-la souplesse

Introduction : La souplesse est une capacité motrice dont les facteurs limitant sont de types anatomique structurel et régulateur. C'est pourquoi elle est considérée comme une capacité de

coordination, mi-chemin entre les capacités conditionnelles et les capacités coordinatives. Ses principales bases fonctionnelles sont les organes tendineux de Golgi et les fuseaux neuromusculaires dont le fonctionnement permet de choisir les différentes techniques pour développer cette capacité, en particulier les techniques dynamiques et statiques. Les techniques statiques ont pris, ces derniers temps, une grande importance, car elles permettent d'éviter le risque que comportent les techniques dynamiques lorsqu'elles sont employées unilatéralement.

Elles se manifestent sous différentes formes : active, passive et mixte, selon que l'extension des muscles est provoquée par leurs antagonistes par l'inertie, ou par une combinaison des deux. Elles concernent des secteurs articulaires très importants tels que la hanche, la colonne vertébrale et la ceinture scapulaire. Au cours des différents âges, on note une évolution non cohérente car non homogène de la souplesse, qui paraît en outre opposée au développement de la force à l'augmentation de l'une correspond une diminution de l'autre. (Manno, 1989, p. 148)

Définition : Capacité d'accomplir des mouvements avec la plus grande amplitude possible de manière active ou passive. Peuvent être distingués la souplesse générale et spéciale

-La souplesse générale ; concerne la mobilité des principales articulations : épaule, colonne vertébrale, hanches...

-La souplesse spécifique ; s'adresse à une ou plusieurs articulations en fonction des nécessités motrices des footballeurs (hanches, genoux, chevilles ; sans oublier le gardien de but : épaules, coudes, poignets...)

Dans la souplesse notons le rôle important joué

-Par le tonus musculaire (état de tension permanente des fibres musculaires)

-Par les facteurs bio-informationnels (propriocepteurs)

-Par les facteurs émotionnels : exercice de relâchement psychique, méthode de relaxation, sophrologie (Leroux, Octobre 2006)

-les bases théoriques de la souplesse : Dans les structures musculo-tendineuses se trouvent deux types de récepteurs nerveux : les facteurs neuromusculaires et les organes tendineux de Golgi.

Les fuseaux sont stimulés par l'étirement du muscle, et provoquent par une réponse réflexe de contraction. Les organes de Golgi sont également stimulés par l'allongement du muscle, mais ont en premier lieu un rôle de protection qui consiste à réagir à tout excès de traction sur l'insertion tendineuse par une inhibition (relâchement) du muscle étiré (reflexe inversée de l'étirement)

Pour stimuler de façon optimale les organes de Golgi, l'étirement doit durer au moins 6secondes, alors que la réponse des fuseaux est immédiate. On en déduit que les techniques d'étirement violent ou rapide stimulent les fuseaux, mais non les organes de Golgi. L'étirement exercé sur un muscle contracté par voie réflexe peut, à la longue, y causer des lésions.

Les techniques statiques, au contraire, exploitent le reflexe inverse, et sont pour cela plus sûres ; car 30secondes de maintien du muscle en position –étirée- sont plus que suffisantes pour stimuler les organes de Golgi.

Les techniques de PNF se basent sur les mêmes principes neurophysiologiques, mais font aussi appel à d'autres mécanismes neuromusculaires. En particulier la contraction des muscles étirés, dans la phase d'impulsion, augmente la tension exercée sur les organes extrémités musculaires et stimule encore plus efficacement les organes de Golgi (inhibition autogène). Pendant la phase de détente, la contraction puissance du muscle provoque une relaxation extrêmement efficace.

- classification de la souplesse : On peut distinguer trois types de souplesse :

-La souplesse active due à l'action des muscles qui détendent les antagonistes

-La souplesse passive due à l'action de l'inertie ou de la gravité, au poids du corps ou encore à l'action d'un partenaire ou d'un engin.

-La souplesse mixte due à l'interaction des deux précédentes sous des formes variées.

La souplesse active est fortement influencée par les capacités de contraction des muscles moteurs et donc par leur force. Ce rapport entre la souplesse et la force chez un athlète est très délicat car si les capacités de force constituent un facteur limitant de la souplesse active, l'inverse se produit pour la mobilité dans son ensemble. On observe souvent que les sujets dotés d'un niveau de force élevé présentent une capacité de mobilité limitée, et qu'inversement les sujets très souples ne possèdent pas une grande force. L'entraînement a pour objectif de maintenir entre cette qualité et la force des rapports harmonieux dont le niveau optimal est typique de chaque discipline. Une mobilité élevée n'est pas forcément un facteur positif et peut souvent même avoir un effet inverse, en augmentant le travail contentif des muscles dans un certain nombre d'articulation ou de mouvements.

La souplesse varie selon les articulations et les sports, si bien que le niveau de souplesse de l'articulation coxo-fémorale, par exemple ne s'accompagne pas forcément d'un degré de mobilité équivalent de la ceinture scapulo-humérale.

Ces différences peuvent provenir soit de particularités anatomiques, soit des secteurs musculaires concernés.

-les méthodes de développement de la mobilité : Le manque de la souplesse, outre l'influence négative qu'il peut avoir sur la prestation sportive, prédispose aux lésions musculo-tendineuses dues à un étirement excessif.

Il faut toujours se rappeler que la souplesse dynamique constitue un bon moyen de prévention des accidents ostéotendineux, et surtout de ceux qui sont provoqués par le froid. Il est toujours avantageux pour l'athlète de disposer d'une bonne souplesse de toutes les articulations du corps.

Il est possible de développer cette capacité par un dosage approprié des différents types de souplesse (active, passive et mixte), dans un rapport rationnel avec la force. Car chez le sportif, L'accroissement de la force doit toujours être accompagné d'un maintien, et même dans certains cas, d'une augmentation de la mobilité, sans oublier toutefois qu'il y a un niveau optimal à respecter pour chaque discipline.

Les exercices d'entraînement de la souplesse peuvent être répartis entre les types suivants :

- Mouvements simples de flexion et d'impulsion (techniques balistiques).
- Mouvements avec temps de ressort (techniques balistiques).
- Mouvements lancés (techniques balistiques).
- Mouvements amplitude réduite, presque statiques.
- Mouvement amplitude réduite, à la limite de l'amplitude passive avec contraction isométrique.

L'entraînement de souplesse intéresser tous les secteurs musculaire, et avoir lieu non seulement au début, mais également, si possible, en fin de séance

Les principales techniques adoptées pour améliorer la souplesse articulaire ont été les suivantes :

- Les techniques balistiques
- Les techniques de « stretching »(étirement)statique
- Les techniques de facilitation proprioceptives neuromusculaire(FPN)

Les techniques balistiques consistent en contraction dynamique répétées des muscles moteurs, conçues pour obtenir un étirement rapide de leurs antagonistes. Mais leur pratique a diminué en en raison du danger potentiel qu'elles présentaient car l'étirement répété des muscles peut conduire à des lésions d'une certaine gravité.

Les techniques d'étirement statique, encore utilisées couramment, consistent étirer passivement les muscles pendant un temps allant de 30 à 60 secondes, jusqu'à une position de léger inconfort qui doit être maintenue, toujours de façon passive. cet exercice répété trois ou quatre fois est très efficace et ne comporte aucune contre-indication articulaire.

Plus récentes sont les techniques de facilitation proprioceptives neuromusculaire, qui dérivent de techniques analogues utilisées dans la réhabilitation des sujets souffrant de parésies ou de paralysies neuromusculaire.

Il n'existe divers types, mais toutes consistent essentiellement en une alternance de phase d'impulsion et de phase de relâchement d'une durée de 10 secondes chacune. La technique principale, appliquée par exemple aux muscles de la région postérieure de la cuisse, s'exécute de la façon suivante : l'athlète est couché sur le dos, le genou en extensionnel la hanche fléchie à 90° ; son partenaire accentue passivement la flexion de la cuisse sur la hanche, jusqu'à une position de gêne. A ce moment, celui-ci s'oppose à la résistance du partenaire par une contraction isométrique des muscles postérieurs de la cuisse pendant une dizaine de secondes (phase de poussée), puis les relâche et contracte le quadriceps moteur, tandis que le partenaire exerce une poussée qui étire les antagonistes (phase de relâchement). On obtient ainsi une flexion accrue de la cuisse sur la hanche pendant un temps qui dure également 10 secondes. Le cycle complet poussée-relâchement est répété au moins trois fois. Cette méthode est actuellement considérée comme la plus efficace, mais comporte quelques désavantages : une technique d'exécution difficile, un contrôle insuffisant de l'action de l'athlète par le partenaire. C'est

pourquoi elle doit être réservée aux sujets expérimentés, et son usage à des disciplines particulières (Manno, 1989, pp. 141-148).

-conclusion : En se référant à la « dimension physique » du football, l'accent a été porté sur la réelle complexité des capacités conditionnelles et coordinatives sur lesquelles se construisent la 1

Ce constat interroge d'autant l'action de l'entraîneur/préparateur physique qui peut se révéler dans son traitement :

-Soit relativement simple, si on s'en tient au simple développement décontextualisé des qualités dites de base (endurance, vitesse) cela se résume à la séance physique.

-Soit extrême, si l'entraîneur prend en compte la nécessité de développer non seulement un socle de condition physique générale, mais aussi d'éduquer ces aptitudes combinatoires caractérisant l'effort du footballeur : l'explosivité, l'endurance de vitesse, l'endurance maximale aérobie, la vitesse de réaction, la puissance, la vitesse d'accélération, la mobilité, les habiletés motrices spécifiques, qui ce sont déterminantes dans la recherche de la performance et qui ne peuvent atteindre leur maximum d'efficacité que si elles sont développées dans le contexte qui les sollicite.

Deuxième Partie

*La réalisation de l'expérimentation
et ses résultats*

CHAPITRE I :

Méthodologie de la recherche.

1-ETUDE D’EXPLORATION (pré enquête)

A travers les expériences qu’on a vécu pendant de longues années de pratique sportives, les observations faites sur la pratique quotidienne des athlètes de football amateur (pendant les entraînements, et les compétitions), les rencontres avec les experts du domaine de football amateur de la région de sidi-bel-abbes ; tous cela a été l’objet d’une réflexion : qu’attendent les joueurs des étirements ? Que ressentent-ils . Nous avons donc choisi de leur donner la parole sous forme d’une enquête réalisée du 15 au 25 novembre 2012 Nous livrons ici les résultats avec les pourcentages correspondants. Questionnaire inspiré du model de (Christian Saint-Blanquat, Marc Vernel, 1996)

1-Pour quel but vous étirez-vous ?

Réponses	Oui (%)	Non (%)
Gain de souplesse	40.3%	59.7%
préparation à l’effort	60%	40%
Prévention des blessures	70 %	30%
Pour gagner en amplitude	50%	50%
pour une meilleure récupération	42%	58%
Décontraction physique	20.6%	79.4%
Décontraction psychique	16%	84%
Amélioration de la performance	60.3%	39.7%

Interprétation des résultats :

L'interprétation des résultats a permis à l'étudiant chercheur de constater que le souci majeur de nos footballeurs est :

- la prévention des blessures et des accidents musculo-tendineux 70%, un échauffement (une préparation à l'effort 60%),

- Une recherche de la souplesse (un gain de souplesse 40.3%) mais qui peut définir la souplesse ? Cette dernière comme on l'a déjà défini est une action qui vise l'amplitude articulaire, par contre l'étirement vise l'allongement du muscle. L'étudiant chercheur peut conclure d'après cette brève analyse que l'utilisation des étirements dans le milieu footballistique amateur concerné par notre étude est mal géré que se soit par le cadre ou par le pratiquant. La décontraction physique et psychique (20.6 et 16%) est le but recherché pour accélérer le phénomène de récupération après une séance d'entraînement traumatisante .Mais quelles modalités préférer à ce moment de l'entraînement ? L'étude de la récupération mériterait de susciter de nouvelles recherches, tant les aspects en sont multiples et les déterminants variés (nutrition, repos, étirements, physiothérapie, programmation de l'entraînement...).

2-Quand vous étirez-vous ?

Réponses	Oui (%)	Non (%)
Pendant l'entraînement	50%	50%
Une séance spéciale d'étirement	20%	80%
Avant une compétition	75%	25%
Après une compétition	50%	50%
A la partie finale de l'échauffement	41	59%
Au début de l'échauffement	58%	42%
A la fin d'une séance	80%	20%

Interprétation des résultats :

80% utilise des étirements à la fin d'une séance d'entraînement, 75% les utilise avant la compétition et pendant l'entraînement tout cela coïncide avec la logique scientifique, sauf qu'une séance spéciale d'étirement (20% l'applique) est recommandée par les experts pour maintenir un certain niveau de flexibilité suivant les exigences de la spécialité, prétends l'étudiant chercheur.

En conséquence, au vu de ce qui précède, l'étudiant chercheur constate que l'introduction de technique faisant appel aux étirements n'est pas indiquée au cours de l'échauffement des sports intermittents. Certaines disciplines qui exigent des positions avec des amplitudes des

mouvements extrêmes (gymnastique patinage artistique...) échappent à cette règle, il faut préparer l'athlète pour lui permettre d'aller sans risque dans ses positions.

3-Quel type d'étirements utilisez-vous ?

Réponses	Oui (%)	Non (%)
Etirements statique passif	75%	25%
Etirements statique actif	32%	68%
Etirement dynamique	51%	49%
PNF*	8%	92%

PNF* : proprioceptive neuromusculaire facilitation

Interprétation des résultats :

La grande majorité a choisi les étirements statiques passifs ,(75%) 51% pour les étirements dynamiques, 32% pour les étirements statiques actifs. Ignorant souvent ceux qui ne servent rien à rien. En ce qui concerne l'utilisation des étirements PNF, les 8% enregistrées représentent un pourcentage quasiment nul qui se traduit par l'ignorance de ses deux méthodes difficiles à appliquer vus leurs complexités.

Il semble préférable, en phase de récupération, d'utiliser des étirements statiques passifs. Ils seraient plus efficaces que les allongements dynamiques et répétés (mouvements de ressort

comme par exemple des battements de jambes successifs) pour diminuer la raideur musculaire et augmenter l'extensibilité du muscle. En faisant un étirement statique, c'est-à-dire avec le maintien d'une articulation à l'angle où apparaît le seuil de douleur tolérable pendant 90 s, le relâchement musculaire que l'on obtient est environ 18-20% de la valeur maximale du départ. En reproduisant cet étirement à l'identique (même intensité et même angle), le phénomène se reproduit mais on observe un nouveau gain de relâchement qui se traduit par une diminution de la raideur (moins de résistance à l'allongement), de déformation (moins d'énergie absorbée lors de l'adaptation au stress imposé) et de la viscoélasticité. Ces effets atteignent des valeurs maximales au bout du 10^e étirement et disparaissent en une heure (Magnusson et coll. 1996b).

4-Quels sont les effets souhaités de la pratique des étirements ?

Réponses	Oui (%)	Non (%)
Améliorer la performance	41.6%	58.4%
Prévenir les blessures	83%	17%
Favoriser une récupération rapide	58%	42%

-Interprétation des résultats :

L'effet souhaité de la pratique des étirements par nos athlètes et la prévention des blessures (83%), 58% qui sont pour la favorisation d'une récupération rapide et 41.6% pour l'amélioration de la performance.

D'après ses résultats, on peut déduire que la pratique des étirements par nos joueurs vise en premier lieu la prévention des blessures puis la récupération, alors que ceux qui le considèrent comme moyen d'amélioration des performances sont au-dessous de la moyenne. Cela veut dire que les connaissances scientifiques des sujets examinés en matière de stretching sont très limitées pour ne pas dire fausses. Néanmoins, les techniques d'étirement sont tellement efficaces qu'elles induisent immédiatement des baisses de performance significatives . Ceci a été démontré de façon très claire par de nombreuses études. Par conséquent, on fera en sorte de les utiliser à bon escient, c'est-à-dire à un moment où l'on est sûr qu'elles ne nuiront pas à l'efficacité du geste. Ou alors de les inclure dans un échauffement à part entière. Dans le doute, comme l'objectif premier des étirements est bel et bien de relâcher les muscles, il est logique de les placer dans la phase de récupération, après la séance, pour essayer de retrouver un degré de tonus musculaire quasi similaire à celui précédent la séance !

D'après vous, est ce que les étirements pré-exercices nuisent à la performance ?

Réponses	Oui (%)	Non (%)
	14 %	86%

Interprétation des résultats :

Ce questionnaire nous a permis de constater que les athlètes et les entraîneurs ont des vues injustes sur la finalité des étirements. la réalisation, est souvent radicalement opposée aux buts recherchés.

Concernant les effets des étirements, 86 % des nos joueurs et entraîneurs ont confirmé les effets positifs des étirements pré-exercices sur les performances sportives. Les autres (14%)

ont dit le contraire ; que ces derniers nuisent à la performance, suivant les exigences de la spécialité.

Discussion et conclusion

Comment comprendre ce controversé de l'effet des étirements. Je pense que le problème est le plus souvent mal posé. Dans un cas il s'agit d'un protocole scientifique où l'on essaie le plus souvent d'isoler l'effet d'une variable. Pour cela, la procédure est rigoureuse (même techniques d'étirement, même durée, même muscle...). Pour tenir compte de l'effet prédictif de la raideur, il faut au contraire quitter le champ de l'expérimentation pour proposer aux sujets un plan cohérent d'étirements tenant compte de son activité sportive, et surtout de son bilan articulaire. Pour les uns il s'agira d'insister sur les ischios-jambiers, pour d'autres cela peut-être le droit fémoral, pour certains (hyperlaxes) les étirements seront facultatifs.

La question avancée pour ne pas faire des étirements est leur effet néfaste sur la performance lorsqu'ils sont faits à l'échauffement. Des études montrent qu'après un programme d'étirements, les sujets sont globalement moins performants ensuite lors de la réalisation des tests retenus (Saut, sprint...). Ces résultats semblent cohérents avec ce que l'on constate intuitivement sur le terrain.

La deuxième raison est leur inefficacité sur la récupération. L'appréciation des athlètes après une séance d'étirements n'étant lié qu'à une élévation du seuil de perception de la douleur. Les études faites sur les étirements et la récupération se contentent d'aborder cette dernière sur l'aspect "ressenti" de courbatures ou de douleurs musculaires. Mais quels en sont les effets en termes de capacité à reproduire une performance, le jour de la compétition et le lendemain d'une séance?

D'après les résultats recueillis de l'interprétation de ce questionnaire établie dans le seul objectif était de bien situer et cerner le problème des étirements dans la pratique sportive en générale et spécialement le football comme champs expérimentale utilisé dans notre étude.

Comme les étirements statiques passifs sont les plus utilisées par notre échantillon, et que le football moderne d'après (Sylvain alain monkam tchokonté, 2011), qui s'appuie sur l'avis de Billat, (1998), Garry et Mac Shane, (2000) ,Joch et Uckert, (2001), les sprints, les duels, les changements de directions et de reprises de vitesse, sont autant des facteurs dans lesquels la demande énergétique va être importante, avec une activation enzymatique.

Une augmentation de la température musculaire (36° à 39,4°) selon Mohr et al, (2004), une hausse de la température corporelle (2°) selon Ranatunga, (1982 ; 1984), une amélioration des composantes élastiques du muscle selon Carminati et Di Salvo, (2003) ; Impelizzerri et al, (2008) conséquente. La capacité de production de ce type d'énergie pendant un temps très court sera-t-elle altérée par ce type d'étirement ? et pour combien de temps pourront persister ses effets s'ils existent comme l'indique Fowles JR, (2000) et Magnusson SP (1996b).

Ce qui nous a mené à se poser la question suivante : Comment une méthode d'étirement utilisée avant l'exercice physique comme moyen d'amélioration va-t-elle agir sur le sujet et qu'elles peuvent être les conséquences durant la réalisation de la performance ? voir introduction générale.

Expérience préliminaire

Après la première pré-enquête, on a entamé le deuxième stade de la recherche qui est l'expérience préliminaire. On s'est servi d'un groupe de la même société que le groupe expérimentale pour confirmer les indices scientifiques des tests qui sont la validité et la fidélité. Alors on a adopté la méthode du test-retest qui est l'une des meilleures méthodes de validation des tests. Il suffit de faire et refaire le test dans les mêmes conditions avec un intervalle de temps qui ne dépasse pas les 07 jours, puis on calcule cet indice de validité à partir du coefficient de corrélation. En ce qui concerne la fidélité du test, elle est calculée à partir de la valeur de la validité au carré.

Le 04 /11/2013 à 16h on a commencé la réalisation des tests de la pré enquête. L'échantillon d'exploration a été composé de dix (10) joueurs de football division régionale catégorie sénior.

première phase(test) : échauffement générale : course légère de 10min, échauffement des articulations ,des ABC de course+des lignes droites

- premiers tests de SJ, CMJ, Souplesse, VIT10m, VIT30m, Agilité, VMA en prélevant les performances

deuxième phase (retest) : échauffement générale : course légère de 10min, échauffement des articulations, des ABC de course+des lignes droites

-réalisation du re-tests. SJ, CMJ, Souplesse, VIT10m, VIT30m, Agilité, VMA en prélevant les performances

Piste : terrain de football (tarton troisième génération)

Départ : debout pour la mise en œuvre de la force explosive

Signal de départ : pistolet

Mesure du temps de course : chronomètre électronique

- Coefficient de corrélation (30m) = 0,98

- Coefficient de corrélation (40m) = 0,99

-Tableau n° 5 : indiquant la fidélité et la validité des tests					
Corrélations des échantillons appariés		N	Indice de validité	Indice de fidélité	Sig.
Paire 1	SJ01 & test2	9	,927	0.96	,000
Paire 2	CMJ1 & test2	9	,935	0.96	,000
Paire 3	SOUP1 & test2	9	,995	0.99	,000
Paire 4	VIT10M1 & test2	9	,861	0.92	,003
Paire 5	VIT30M1 & test2	9	,914	0.65	,001
Paire 6	AG1 & test2	9	,997	0.99	,000
Paire 7	VMA1 & test2	9	,988	0.98	,000

Le tableau n°5 indiquant que le coefficient de corrélation qui a été d'une grande signification statistique au seuil de 0.01, ce qui confirme que les tests appliqués sont valides et fideles.

-Tableau n° 6 : Test « T » des échantillons appariés du pré enquête						
Comparaison du test1 et test2		Moyenne	Ecart type	t	ddl	Sig
Paire 1	SJ01 - test2	,00778	,01641	1,421	8	,193
Paire 2	CMJ1 - test2	,00433	,01871	,695	8	,507
Paire 3	SOUP1 - test2	-,06667	,52440	-,381	8	,713
Paire 4	VIT10M1 - test2	,01278	,03621	1,059	8	,321
Paire 5	VIT30M1 - test2	,00244	,05137	,143	8	,890
Paire 6	AG1 - test2	,00067	,03049	,066	8	,949
Paire 7	VMA1 - test2	-,13222	,19892	-1,994	8	,081

D'après le tableau n°6 les valeurs de T n'avaient pas de signification au seuil 0.05, ce qui nous révèle qu'il n'y a pas de différence entre les deux tests. Ses résultats reflètent l'objectivité, la validité et la fidélité des tests utilisés dans notre étude.

Méthodes et moyen : Approche expérimentale du problème

La présente étude a comparé les effets d'un protocoles d'échauffement avec étirement sur le temps de sprint, l'agilité, la détente, la souplesse et la VMA (vitesse maximale aérobie) relatives à un protocole d'échauffement contrôle sans étirement. Ces échauffements ont été conçus sur la base de leur contenu (c'est à dire, le type et l'intensité de l'étirement statique passif, ou l'exclusion de l'étirement). Les deux protocoles étaient (a) un échauffement avec SS à POD (Stretching Statique à Point Of Discomfort); (b) un contrôle de l'état d'échauffement sans étirement.

Les tests d'agilité, sprint, saut, VMA et souplesse sont prévues être mesurés après les deux protocoles d'échauffement et après les trois phases (15min ; 30min et 45min) de jeu, pour évaluer l'efficacité de ces variables pour fournir des suggestions optimal concernant l'utilisation de se type d'étirement et voir même ses effets sur la performance dans un sport a caractère intermittent. La procédure expérimentale est résumée dans : Figure 1.

Les participants à l'étude

Nous avons disposé de l'ensemble des athlètes de la catégorie sénior du club suivant :

- SIDI IBRAHIM: Ce club de football évolue au niveau du championnat de division régionale amateur

Notre échantillon total se compose de vingt huit (28) joueurs qui se répartissent comme suit :

-Echantillon expérimentale : 19 joueurs (SIDI IBRAHIM)

-Echantillon du pré enquête : 09 joueurs (SFISEF)

Ces joueurs, à qui nous avons présenté au départ les objectifs et les procédures expérimentales du projet, ont volontairement donné leur consentement pour participer à l'étude. Ce sont également des footballeurs amateurs, qui ont environ 3 à 4 séances d'entraînement hebdomadaire, avec éventuellement un match le week-end pendant toute la saison sportive. C'est l'un des principaux critères sur lequel nous nous sommes appuyés pour les recruter. C'est également un choix pour préserver l'homogénéité du groupe

Plan expérimentale utilisé dans l'étude (Figure n°1)

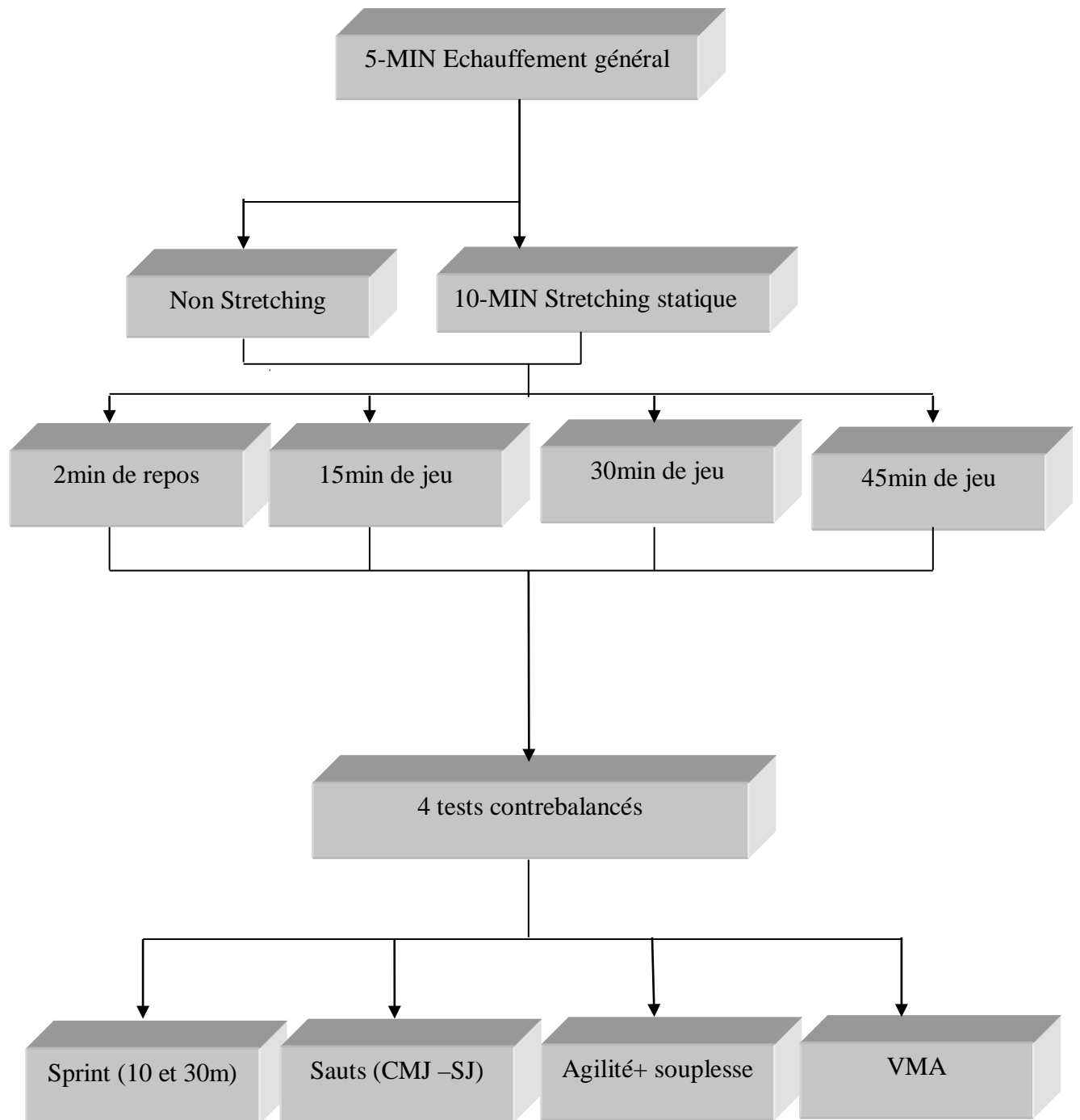


Fig n°13 Protocole expérimentale

expérimental.

les gardiens de but ont été exclus de l'étude, du fait que leur VMA est généralement inférieure à celle des joueurs de champs comme le préconise (Bangsböo, J., Graham, T., Johansen, L., Saltin, B, 1994), et également pour préserver une homogénéité des compétences techniques et tactiques.

Il en est de même des joueurs de champs qui ont eu une VMA inférieure à 16km/h pendant les tests d'endurance. En effet, ce niveau de VMA correspondrait selon certains auteurs comme (Ekblom, B, 1986) et (Balsom, P., 1994, 1995), à une VMA adaptée pour les footballeurs de haut-niveau. La moyenne se situerait autour de 17,5 km/h selon Cazorla, G., (2001).

Les caractéristiques des joueurs sont les suivantes :

Tableau n° 7 : Mesures anthropométriques et physiologiques des 19 footballeurs de l'étude										
	âge	taille	poids	SJ	CMJ	Souplesse	VIT10m	VIT30m	Agilité	VMA
N Valide	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Moyenne	22,9474	1,7400	72,6842	,4063	,4426	3,7368	2,3911	4,5568	6,7358	18,2153
Médiane	23,0000	1,7500	73,0000	,4000	,4500	3,0000	2,3800	4,4800	6,6700	18,0500
Ecart type	3,18806	,05821	7,30337	,04561	,05321	2,97848	,14189	,22618	,46948	1,47555
Asymétrie	,617	-,076	,258	,345	-,119	,962	,258	,894	,424	-,059

les résultats du tableau n° 7 représente l'homogénéité du groupe expérimentale d'après les valeurs du coefficient d'asymétrie qui sont limitées dans un intervalle de [-3 et+3] ,donc ses valeurs sont très significatives au seuil de signification *p* 0.05.

Les sujets étaient habitués à l'entraînement de la flexibilité (c'est à dire, les étirements statiques) faisant partie de leurs programmes d'entraînement. Les procédures d'essai a eu lieu lors de la phase post-compétitive de la saison.

Aucun des participants ont signalé des maladies neuromusculaires ou des blessures

musculo-squelettiques de la cheville, du genou, ou des articulations de la hanche et aucun d'entre eux prenaient des suppléments alimentaires ou de performance qui devrait affecter les performances au cours de l'étude.

.L'expérience que nous avons menée c'est déroulée sur le lieu suivant :

-OPOW de SIDI IBRAHIM

L'expérimentation c'est faite durant la période allant du 1er décembre 2013 au 25 décembre 2013.

1-But de la recherche :

Le but de notre recherche est de connaître et d'évaluer les effets des étirements statiques passifs sur les performances sportives en fonction du temps écoulé durant le match et estimé comme une nouvelle variable intégrée dans notre protocole expérimentale selon la procédures précédemment répétées de Chaouachi A(2009), Little, T and Williams, AG (2006) et Yamaguchi et Ishi (2005). chez des footballeurs de la catégorie sénior, plus précisément sur les sprints, les sauts, l'agilité, la souplesse et la VMA.

2-Objectif et taches :

D'après notre revue de littérature, les travaux de recherches menés dans ce domaine par une grande communauté scientifique, ils ont insisté sur les effets immédiats du stretching, voir l'évaluation de la performance en question après seulement 2 à 5min de repos du protocole d'échauffement contenant des étirements .et qui s'applique à mon avis sur les sports individuels a courte durée .Par contre , notre objectif vise à connaître les effets aigus et chroniques des étirements statiques passifs sur les performances dans des efforts de type intermittent comme le football.pour pouvoir connaitre si ses effets persistent durant 45min de jeu et si les joueurs peuvent récupérer leurs capacités de force et de vitesse . Puisque les effets des étirements d'après (COMETTI Gilles, 2004) sont encore présent une heure après la fin de l'étirement.

3-hypothèses :

Dans la situation expérimentale que nous avons choisie, nous retenons les hypothèses suivantes :

- 1-La durée de l'effort n'influe pas sur la validité des tests (protocole « a »).
- 2-Le stretching passif influe variablement sur la performance au cours des durées de jeu explorées (protocole « b »).
- 3-les effets négatifs du stretching passif ne persistent pas au delà de 15mn.
- 4- la nature de la corrélation entre les conditions de Stretching et de No Stretching est très significative, et elle varie positivement ou négativement selon la durée de l'effort

4-méthode :

Pour arriver au bout de notre but, nous allons utiliser la méthode expérimentale.

5-Matériels et outils de recherche :**5-1-Matériels :**

- Références bibliographiques
- Observation
- Questionnaires
- Rencontres
- Tests physiques objectifs
- Expérimentation

5-2-Outils :

- starting-block
- chronomètre
- pistolet
- décamètre
- plots, assiettes, délimiteurs

6-Identification et contrôle des variables :

Ce champ d'expérience se déroulera sur un terrain de football (torton troisième génération), il met donc en jeu beaucoup de facteurs qu'il faudra identifier afin de les contrôler et de les neutraliser.

a) La variable indépendante :

C'est celles dont on cherche à analyser l'influence, nous les avons identifiées dans notre hypothèse de travail, il s'agit :

- du stretching passif et - la durée de jeu

b) la variable dépendante :

Elle est représentée par

- Les performances des joueurs en sprints, sauts, agilité, souplesse et la VMA.

c) Les autres variables :

On peut les classer en deux rubriques :

c-1-variable concernant la tâche :

c-1-1-les bases scientifiques des tests : nous nous sommes servis des indices scientifiques concernant la validité, la fidélité et l'objectivité des tests réalisés dans des études similaires, là où ils ont été utilisés pour des échantillons presque similaires aux nôtres. Les tests ont réalisé des indices scientifiques très significatifs (tab n°2). Cette signification est au seuil de confiance de 95% qu'on a fixé, et qui donne 5 chances d'erreur pour cent.

Concernant l'objectivité des tests, ces derniers ont été utilisés dans plusieurs travaux de recherches comme ceux de Chouachi, A (2010), (Little, T and Williams, AG., 2006) et Sylvain Alain M, T, (2011)

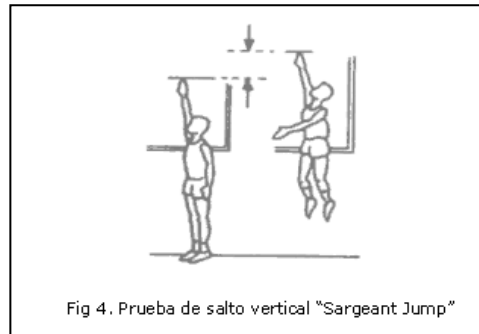
C1-2 -les tests proprement dits.

Pour mesurer l'influence du stretching passif sur les qualités athlétiques et techniques des joueurs, une série de tests a été mise en place par l'étudiant chercheur. Ces tests, pratiqués généralement deux fois par saison, ont pour objectif l'appréciation de la condition physique générale du joueur. Les mesures anthropométriques, un test incrémental sur piste d'athlétisme permettant la détermination de la VMA, l'évaluation de la puissance musculaire et de l'élasticité musculaire des membres inférieurs, l'évaluation de la vitesse et de l'agilité, ainsi que la souplesse de la chaîne postérieure des joueurs ont été relevées.

2.2.1. Mesures anthropométriques

Dans cette étude, les mesures du poids et de la taille précédaient l'exploration à l'effort.

2.2.2. Test de détente test du saut de Sargent/Lewis (Sargent, 1924)



Le test de mesure de la détente verticale a été réalisé juste avant l'épreuve d'effort. Le but de cette épreuve est de mesurer la puissance anaérobie avec ses composantes force et vitesse. La performance de détente verticale a été mesurée à l'aide d'un Sargent test. La détente (h)

génère une puissance dépendante du poids du sujet et de la gravité (g),

$$\text{Accélération verticale} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{P_{max}} = \sqrt{(g/2) \times \text{poids} \times \sqrt{h}} = 2.21 \times 70 \times \sqrt{0.7} = 129.3 \text{ kgm/s}$$

Avec $1 \text{ kgm} = 9.81 \text{ joules}$, $P_{max} = 1268.7 \text{ joules/s} = 1268.7 \text{ watts}$. Cette P_{max} est corrélé mais non représentative de P_{max} au test force-vitesse (Vandewalle H, Peres G, Heller J, Panel J, Monod H., 1987) .

- **le squatjump(SJ):** mesure la détente «sèche», non pliométrique, sans étirement. Le sujet commence le test en position fléchie à 90° (articulation du genou) pour effectuer une «poussée» maximale vers le haut. Les mains sont fixées sur les hanches pour éviter la participation des bras ;

• **le counter movement jump (CMJ):** c'est une épreuve au cours de laquelle le sujet se trouvant en position debout, les mains sur les hanches, doit exécuter un saut vertical après un contre-mouvement vers le bas amenant une flexion de genou à 90°. Cet exercice met en jeu le « cycle étirement-détente ». Puisque le contre-mouvement vers le bas est accompli avec une accélération très faible, les extenseurs n'étant activés qu'au moment de l'inversion du mouvement, on peut penser que l'étirement des éléments élastiques et la réutilisation de l'énergie élastique qui lui fait suite sont limités. Chaque saut a été répété trois fois. Le meilleur essai a été retenu pour l'analyse. Pour réduire l'effet de la fatigue, une minute de récupération a séparé les essais.

La différence CMJ-SJ rend compte d'une qualité d'élasticité musculaire du sujet.



2.2.3. Test vitesse 10m et 30m

Culturellement utilisés en football, les tests de vitesse s'effectuent sur 10m et 30m. La littérature montre que 96% de sprint pendant un match de football sont inférieurs à 30 m (Stolen T, et al, 2005) avec 49% en de çà de 10m, c'est pourquoi la performance a été prise sur dix et 30 m. Cette épreuve est un test de terrain validé pour la mesure de la vitesse et la puissance musculaire. Après un échauffement de dix minutes à la vitesse de course de 12 km/h, suivi de trois accélérations, trois sprints espacés de trois minutes 30secondes entre chaque effort seront réalisés. Ainsi, les lois physiologiques de resynthèse des phosphagènes seront respectées, ce qui permet une performance ultérieure non amoindrie par une fatigue d'ordre musculaire. Des exercices de type neuromusculaire, n'induisant aucune fatigue tout en

maintenant une stimulation de l'influx nerveux importante, indispensable à la réalisation de haute performance sur courte distance, étaient réalisés pendant cette phase inter-sprint.

Les sprints ont été réalisés avec des chaussures à crampons sur la pelouse. Le départ s'effectuait debout derrière une ligne matérialisée au sol par un trait blanc. le signale à l'aide d'un pistolet et les prises de temps avec un chronomètre électronique.

Test de 5 minutes de Briki et Dekkar (Bricki A., Dekkar N., 1989)

Il s'agit d'une épreuve continue de 5 minutes qui consiste à parcourir la plus grande distance possible pendant ce laps de temps. Ces 5 minutes représentent la durée limite qui permet à un sujet de maintenir une activité à une intensité très proche de VO₂ max. Cette épreuve est donc principalement limitée par VO₂ max, ce qui autorise sa prévision à partir de la distance totale parcourue en 5 minutes.

Protocole : Le sujet doit courir sur une piste de 400 mètres la plus grande distance possible en 5 minutes. La vitesse de course doit être maximale mais également régulière. La distance peut être étalonnée avec des plots disposés tous les 50 mètres. Une période d'échauffement de 10 à 20 minutes est nécessaire avant la réalisation de cette épreuve. À l'issue de l'échauffement, le sujet dispose d'une minute pour se rendre au départ à l'un des 4 coins de la piste de 400 mètres. Au coup de sifflet, il s'élance pour couvrir un maximum de distance en 5 minutes. Il sera informé verbalement du temps écoulé à 1 minute, 2 minutes, 3 minutes, 4 minutes, 30 secondes et 10 secondes avant la fin de l'épreuve. VO₂ max est estimé à partir de la vitesse moyenne de course (en km.h⁻¹), grâce à l'équation suivante :

$$\text{VO}_2 \text{ max (ml.min}^{-1}\text{.kg}^{-1}\text{)} = 8,67 \times V \text{ (km.h}^{-1}\text{)} - 113$$

Selon Briki et Dekkar (1989), les résultats de l'épreuve de 5 minutes sont étroitement liés aux performances sur des distances comprises entre 800 et 10 000 mètres ($p < 0,01$) et sur celles du marathon ($p < 0,05$).

Test de souplesse : d'après D. Alexandre 2008, la mobilité de la chaîne postérieure, selon (weineck j, 1997) se mesure suivant le Protocole :



Protocole

Le sportif effectue une flexion du tronc en avant. On mesure la distance entre le bout des doigts et le point zéro (bout du pied), ou la capacité d'étirement dépassant le point zéro (indiquée en centimètre). Les genoux doivent être entièrement tendus trois secondes (sans temps de ressort mais progressif).

Test d'agilité de (G.Cazorla, 2006)

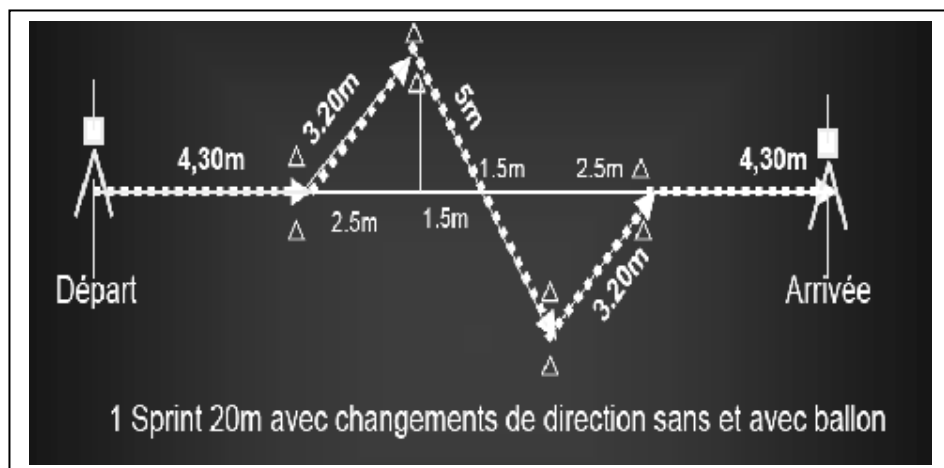


Figure n° 14 indiquant le test d'agilité proposé par G.Cazorla pour l'équipe de bordeaux en 2004

Mis au point par Cazorla :

Les athlètes doivent suivre l'itinéraire balisé par les délimiteurs suivant le protocole indiqué sur la figure n°

c-1-3 -Structure, gestion, nombre de répétition et horaire de réalisation des tests:

Les participants ont assisté à un total de 09 séances de collecte de données y compris une séance d'orientation en 2 parties. Au cours de l'étape d'orientation, chaque sujet a été familiarisé avec les exercices d'étirement et les mesures de performance des (7) sept tests (des sprints, des sauts, de l'agilité, de la souplesse et de la VMA) jusqu'à ce que leurs scores soient améliorés. L'âge, la taille, et le poids de chaque sujet étaient recueillis. Les 8 autres séances ont été réalisées au cours des 08 jours suivants, environ 48 heures séparent chaque jour de test. Les sujets qui étaient sélectionnés faisaient de la compétition au football, et pratiquaient leur spécialité presque depuis plus de 8 ans.

Chaque sujet s'est étiré selon le protocole démontré par l'expérimentateur, pour ensuite faire 3 essais de sprints, des sauts, de l'agilité, de la souplesse et de la VMA, suivant la phase de l'expérience. Toutes les courses étaient effectuées sur un terrain de football pour éliminer tous facteurs parasites. Les courses auraient du être organisées avec des blocs de départ standards et les individus auraient du être chronométrés par le relâchement des coussins à pression sous les mains, ainsi qu'un laser au point d'arrivée, mais par manque de moyens on a utilisé les moyens de bord disponible.

Les deux protocoles d'étirement étaient comme suit : 1- aucun étirement, 2- étirement sur les deux jambes, on a effectuée les tests suivant le protocole proposé et inspiré des travaux de Chaouachi A(2009), Little, T and Williams, AG (2006) et Yamaguchi et Ishi (2005) durant huit (08) séance séparée par 48h de récupération . Cette procédure a été choisie pour que la performance ne soit pas altérée. L'ordre du protocole d'échauffement et les tests ont été contrebalancés par personne et par jour pour éviter les effets de report.

Protocoles d'échauffement :

les Sujets exécutent un échauffement général et spécifique, avec et sans étirements collectivement avec l'enquêteur principal et 8 autres chercheurs séparément en deux phases de

quatre séances, comme l'indiquait déjà le protocole expérimentale. Chaque séance d'échauffement a duré environ 20-22 minutes. Mis à part l'étirement, chaque échauffement suivi la procédure exacte, consistant en ce qui suit ci-dessous. Les Sujets effectuaient au moins un échauffement général de 5 minutes (EG1) composé de faible à intensité modérée. L'exercice aérobic comprenant 3 minutes de jogging avant, 1 minute d'esquive, et à 1 minute de course vers l'arrière, suivie de 10 minutes d'un protocole d'étirement statique passif (**ou 10 minutes de repos pour le groupe de contrôle**). Chouachi .A (2009) et la majorité des auteurs ont appliqué 5 à 7 min d'exercices de type explosif après le protocole d'étirement pour minimiser les effets que peuvent engendrer les exercices d'étirements et altérer les performance de puissance qui suit (34) . Little, TandWilliams, AG (2006).. En outre, c'est une pratique courante pour les athlètes à la fin de l'échauffement d'ajouter des exercices d'intensité spécifiques au sport pour se préparer à la fois physiologiquement et psychologiquement pour l'activité ultérieure (Young, Wand Behm, D. , 2002)

La nouveauté Dans notre étude, Ce qu'on a remplacé les exercices explosifs par un effort prolongé pour pouvoir suivre les effets des étirements préalables s'ils persistent, et si c'est applicable pour les efforts prolongés de type intermittent (sport collectif) .sachant que tous les protocoles utilisés par la communauté scientifique n'a mis en œuvre que des efforts brefs (sport individuel) comme test pour évaluer les effets des étirements sur la performance.

Les étirements étaient composés d'un étirement des Fléchisseurs plantaires (gastrocnémiens et soléaires), suivit des ischio-jambiers, des fléchisseurs de la hanche et des quadriceps et finalement des adducteurs. Chaque étirement était d'une durée de 30 secondes, avec 10 à 20 secondes de repos entre eux. Une fois les 4 étirements complétés, les sujets prirent un repos de 20 à 30 secondes puis recommencèrent les étirements pour un total de 4 fois. Tous les étirements étaient adaptés de (Nelson, A. G et al (2005) par (J., Alter M., 1996. La course commençait 2 à 5 minutes après la fin des étirements. 3 essais avec 1 minute de repos entre chaque furent testés, pour prendre le meilleur.

exercices d'étirement statique

Fléchisseurs plantaires: Le sujet se tenait dans une position verticale, réduit le talon de la pointe du pied ,l'amplitude des mouvements à la maximale , les jambes complètement tendues

Extenseurs de la hanche et du quadriceps: Le sujet se tenaient dans une position verticale avec une main contre un mur pour l'équilibre, saisir la cheville avec la main tenter de déployer complètement l'articulation de la hanche

Ischio-jambiers : De la position assise, le sujet s'étend sur une seule jambe et fléchit l'autre jambe jusqu'à ce que le pied est en contact avec la cuisse. Sujet fléchit vers l'avant de la taille en gardant le dos plat

Adducteurs: Le sujet se tenait avec les pieds aussi écartées que confortable, en transférant le poids du corps d'un côté à l'autre comme genou fléchi, puis l'objet a atteint vers le pied étendu et lieu

c-1-4 -Condition climatique :

Les tests ont été réalisés dans les mêmes conditions climatiques

c-2-2-niveau de départ :

La valeur motrice a été établie en fonction de l'équivalence des joueurs sélectionnés au départ par leur entraîneur sur la base des tests réalisés au sein de leur club.

Un seul facteur a été retenu pour l'appréciation de ce niveau :

-la valeur physique

Cette appréciation a été relevée à l'issue des entretiens tenus avec les entraîneurs du club concerné.

7- traitement statistique :

. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS logiciel statistique (SPSS Inc., Chicago IL, la version. 22 IBM)

Un certain nombre d'analyses statistiques ont été réalisées avec les données . Il y avait 2 variables indépendantes (SS POD, et la durée des efforts)

Initialement une analyse de variance (ANOVA) pour des mesures répétées a été menée pour comparer les 2 conditions.

Une comparaison interne des deux conditions (avec et sans étirement),

Suivi d'un test de comparaisons multiples. Ce test post-hoc peut être utilisé pour déterminer les différences significatives entre les moyennes des groupes dans une analyse de variance. Le test de Différence Significative Minimale (*LSD*) de *Fisher* est considéré comme l'un des tests post-hoc les moins conservateurs

Pour les comparaisons inter-groupes, on a appliqué le T- STUDENT des échantillons appariés

Nous pouvons comparer les moyennes observées dans chaque épreuve (sprints, sauts, l'agilité, la souplesse et la VMA) avant et après stretching

Ce test paramétrique repose sur des comparaisons de moyennes.

Conditions d'utilisation du test : le test de Student est utilisé pour comparer deux échantillons indépendants et/ou appariés (2 versions, adaptées à chaque catégorie d'échantillons).

Lorsque l'on veut effectuer un test de comparaison comme dans la présente analyse, il est préférable d'utiliser les valeurs de base – ici, les valeurs observées pour les courses, exprimées en seconde – plutôt que des données transformées par un barème.

Les différentes phases de l'expérience nous permettent d'opérer les comparaisons suivantes :

a) comparaison des résultats de la phase 1 (phase sans étirements 2min,15mn,30min et 40min)

b) comparaison des résultats de la phase 2 (phase avec étirements 2min,15mn,30min et 40min)

c) comparaison des résultats de la phase 1 et 2

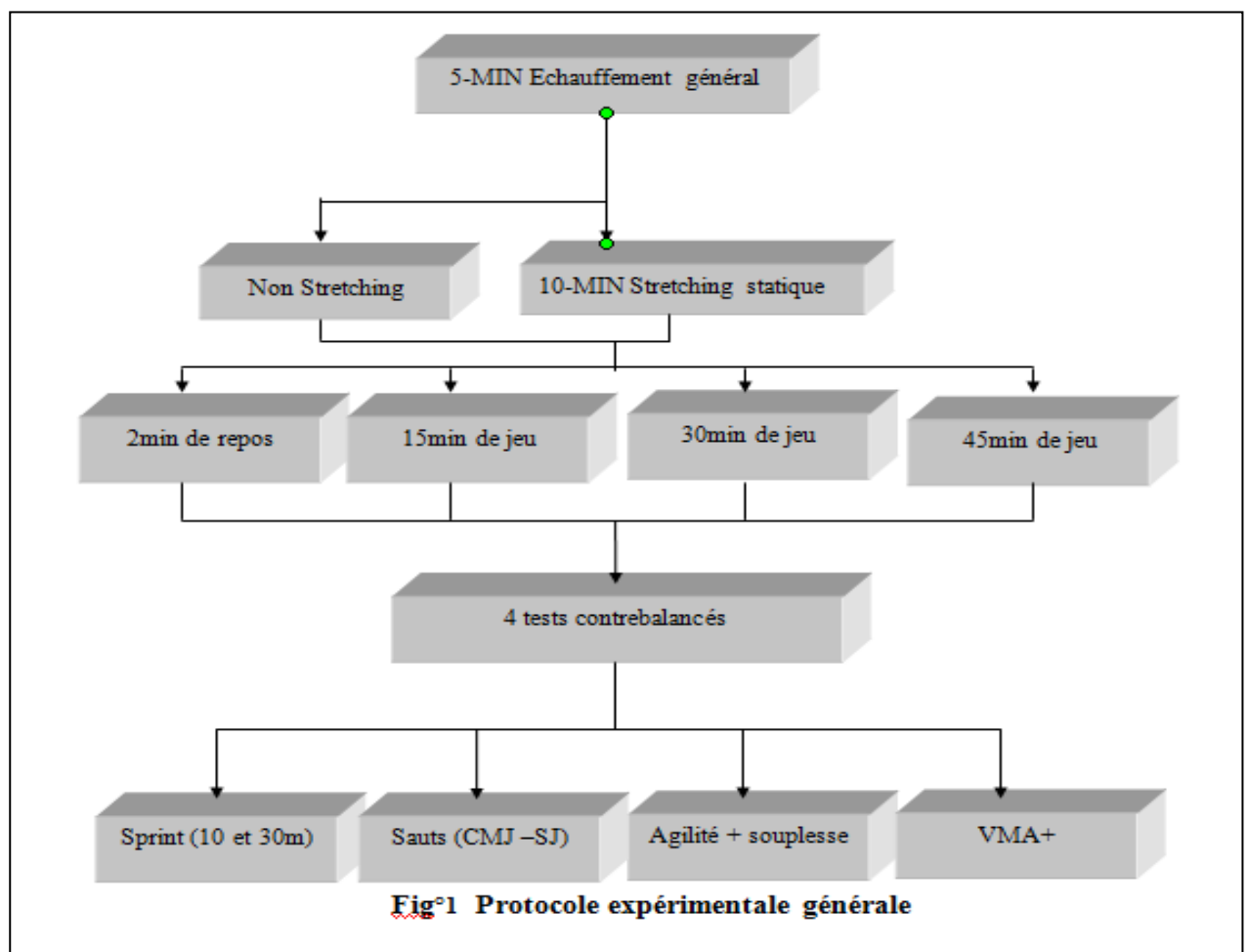
d) autres vérifications :

Contrôle de la variable étirement passif prolongé et de la variable performance en sprints, sauts, l'agilité, la souplesse et la VMA) entre test 1 et test 2 par la méthode de BRAVAIS-PEARSON ; ces corrélations ont pour objectif de vérifier si les tests permettent de vérifier par ailleurs l'efficacité de la performance sportive.

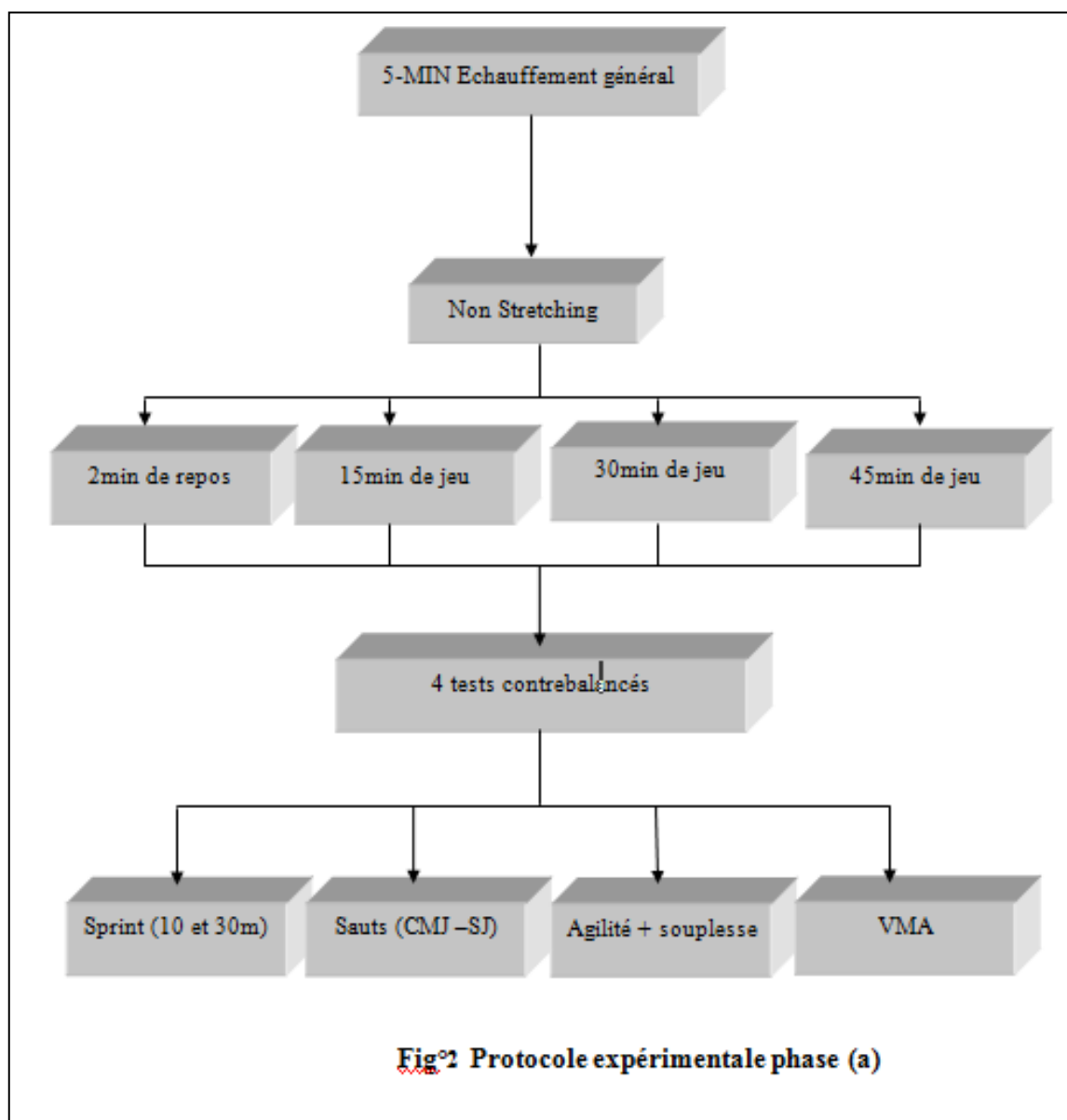
CHAPITRE II

Analyse et interprétation des résultats

Introduction Le but principal de cette étude a été de mesurer et de comparer au cours de différentes conditions d'échauffement (a) no stretching ; (b) stretching ; les effets de l'interaction stretching passif (SP) x durée de jeu (DJ) sur la performance induite et mesurée à la fin de chaque phase de jeu. En clair, nous avons évalué les effets en fonction de la variation de la « durée du jeu » caractérisant chaque condition d'échauffement sur le comportement adaptatif des joueurs à l'effort. Autrement dit, voir la persistance des effets du stretching. Durant les différentes phases de jeu indiquées sur la figure n° 1.



Pour répondre à notre problématique, nous avons choisi l'analyse à partir de l'ANOVA à 1 facteur. Il nous permettra d'analyser les différences entre les moyennes des résultats relevés chez les joueurs dans les différents groupes et de faire des comparaisons. Le degré de significativité sera représenté par : * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.00$

Résultats statistiques analytiques de la phase « a » condition de no stretching (contrôle)*Résultats généraux de l'analyse des variances avec mesures répétées*

Ainsi, en fonction des résultats de la P (performance) relevé chez chaque joueur dans chaque DJ (durée de jeu) (2mn, 15mn, 30mn et 45mn) la comparaison des variances est présentée dans le tableau 1 ci-après :

ANOVA

no stretching (contrôle)		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Sj control	Intergroupes	,021	3	,007	2,732	,050
	Intragroupes	,183	72	,003		
	Total	,204	75			
CMJ C	Intergroupes	,038	3	,013	4,934	,004
	Intragroupes	,186	72	,003		
	Total	,224	75			
Souplesse C	Intergroupes	29,263	3	9,754	,687	,563
	Intragroupes	1022,526	72	14,202		
	Total	1051,789	75			
VIT10min C	Intergroupes	,042	3	,014	2,089	,109
	Intragroupes	,478	72	,007		
	Total	,519	75			
VIT30min C	Intergroupes	,070	3	,023	,443	,723
	Intragroupes	3,789	72	,053		
	Total	3,859	75			
Agilité C	Intergroupes	,060	3	,020	,096	,962
	Intragroupes	15,102	72	,210		
	Total	15,162	75			
VMA C	Intergroupes	,426	3	,142	,067	,977
	Intragroupes	151,745	72	2,108		
	Total	152,171	75			

Tableau n°8a : Analyse générale des variances en fonction de la P au cours des durées de jeu

Commentaires

L'analyse à partir de l'ANOVA à 1 facteurs révèle qu'il n'y a pas d'effet significatif de la variable DJ (durée de jeu) sur la P (performance) induit par l'activité des joueurs au cours de la condition de no stretching.. Ce qui montre bien que la variables DJ acceptent l'hypothèse null .sauf pour la variable CMJ (0.004) qui indique un effet significatif $p < 0.05$.

Ce qui nous nous oblige à calculer la LSD pour classier les groupes selon l'effet de la durée sur la performance

LSD

Variable dépendante		Différence moyenne (I-J)		Sig.
CMJ control	1,00	2,00	-,00105	,949
		3,00	-,02053	,217
		4,00	,04105*	,015
	2,00	1,00	,00105	,949
		3,00	-,01947	,242
		4,00	,04211*	,013
	3,00	1,00	,02053	,217
		2,00	,01947	,242
		4,00	,06158*	,000
	4,00	1,00	-,04105*	,015
		2,00	-,04211*	,013
		3,00	-,06158*	,000

1=2mn de repos; 2=15mn de jeu; 3=30mn de jeu; 4=45mn de jeu.

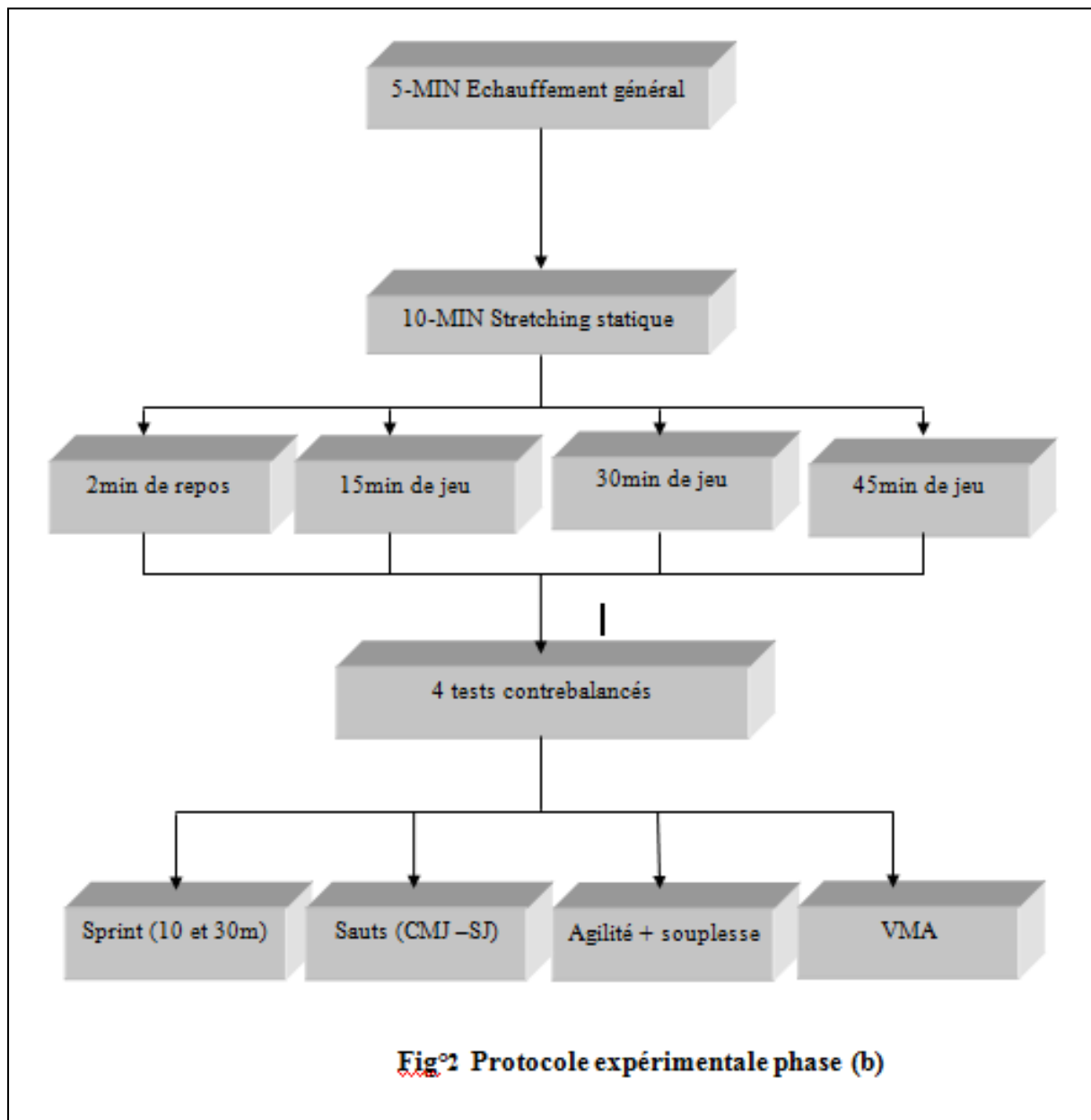
La différence moyenne est significative au niveau 0.05 * p<0.05 ; **: P<0.01.

Tableau n° 9a : Analyse des variances en fonction de la P au cours des durées de jeu concernant le contre mouvement jump

L'analyse post-hoc permettra de préciser ces différences entre les groupes d'appartenance CMJ .cette signification statistique concernant cette variable (CMJ) est classée dégressivement en fonction de la durée;D4,D3,D2 puis D1 et elle peut être expliqué par le manque de travail de force chez les joueurs pendant leurs période de préparation qui se base sur la méthode compétitive .cette méthode est critiqué par plusieurs specialists du fait qu'elle ne favorise pas le développement harmonieux de toutes les qualités physiques.Mattview 1982 (bases de l'entraînement sportif) la détérioration des valeurs de la force des membres inférieurs s'est manifesté dégressivement en fonction des durées de jeu par l'effet de la fatigue .L'absence de signification $p > 0.05$ concernant les autres variables indique la forme sportive optimal des joueurs Durant cette période de preparation.

Conclusion: L'absence de signification $p > 0.05$ concernant la majorité des variables indique

D'après le tableau n°2 les valeurs de F n'avaient pas de signification au seuil 0.05, ce qui nous révèle qu'il n'y a pas de différence entre les quatre périodes de tests. Ses résultats reflètent l'objectivité, la validité et la fidélité des tests utilisés dans notre étude.les résultats de cette phase « a » de l'expérimentation nous a permis de mieux cerner les variables pour permettre de démontrer les effets de la variable indépendante (étirement statique passif) sur la variable dépendante (performance) en fonction d'une deuxième variable indépendante qui est la durée des période de jeu et ceci pendant la phase « b ».

Résultats statistiques analytiques de la phase « b » condition de stretching**Résultats généraux de l'analyse des variances avec mesures répétées**

Ainsi, en fonction des résultats de la P (performance) relevé chez chaque joueur dans chaque DJ (durée de jeu) (2mn, 15mn, 30mn et 45mn) la comparaison des variances est présentée dans le tableau 1 ci-après:

ANOVA

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
SJ	Intergruppes	,042	4	,010	4,263	,003
	Intragruppes	,221	90	,002		
	Total	,263	94			
CMJ	Intergruppes	,070	4	,018	5,711	,000
	Intragruppes	,277	90	,003		
	Total	,347	94			
SOUPLESE	Intergruppes	211,789	4	52,947	3,030	,022
	Intragruppes	1572,842	90	17,476		
	Total	1784,632	94			
Vitesse10m	Intergruppes	2,039	4	,510	60,992	,000
	Intragruppes	,752	90	,008		
	Total	2,791	94			
Vitesse30m	Intergruppes	3,029	4	,757	24,462	,000
	Intragruppes	2,786	90	,031		
	Total	5,816	94			
Agilité	Intergruppes	8,814	4	2,203	15,487	,000
	Intragruppes	12,805	90	,142		
	Total	21,619	94			
VMA	Intergruppes	22,914	4	5,729	2,767	,032
	Intragruppes	186,296	90	2,070		
	Total	209,210	94			

Tableau n°10b : Analyse générale des variances

(Influences de l'interaction ESP x DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄ sur la P)

Commentaires

L'analyse statistique comparative des valeurs de la performance (P) mesurées en fonction des étirements statique passif (SP) et des différentes durées de jeu (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) dans le match, indique un effet significatif de l'interaction des variables (SP) x (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) sur les variations de la performance (p<0.05). Cette signification nous a permis de procéder à l'application de l'analyse *Post hoc* pour classifier la variance de l'effet de l'interaction des variables (ESP) x (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) entre les groupes au seuil de signification 0.05.

Influences de l'interaction ESP x DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄ sur la P

Tab 11 b LSD SJ et CMJ

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)		Sig.
SJ	1,00	2,00	,04368*	,008	
		3,00	0,00000	1,000	
		4,00	-,01842	,255	
		5,00	-,00579	,720	
	2,00	1,00	-,04368*	,008	
		3,00	-,04368*	,008	
		4,00	-,06211*	,000	
		5,00	-,04947*	,003	
	3,00	1,00	0,00000	1,000	
		2,00	,04368*	,008	
		4,00	-,01842	,255	
		5,00	-,00579	,720	
	4,00	1,00	,01842	,255	
		2,00	,06211*	,000	
		3,00	,01842	,255	
		5,00	,01263	,434	
	5,00	1,00	,00579	,720	
		2,00	,04947*	,003	
		3,00	,00579	,720	
		4,00	-,01263	,434	
CMJ	1,00	2,00	,05158*	,005	
		3,00	0,00000	1,000	
		4,00	-,02789	,124	
		5,00	-,01632	,367	
	2,00	1,00	-,05158*	,005	
		3,00	-,05158*	,005	
		4,00	-,07947*	,000	
		5,00	-,06789*	,000	
	3,00	1,00	0,00000	1,000	
		2,00	,05158*	,005	
		4,00	-,02789	,124	
		5,00	-,01632	,367	
	4,00	1,00	,02789	,124	
		2,00	,07947*	,000	
		3,00	,02789	,124	
		5,00	,01158	,521	
	5,00	1,00	,01632	,367	
		2,00	,06789*	,000	
		3,00	,01632	,367	
		4,00	-,01158	,521	

(1) prétest (2) après 2min de repos (3) après 15min de jeu (4) après 30min/j (5) après 45min/j

Concernant les sauts (SJ et CMJ) :

Figure n15 influence de l'interaction stretching statique passifx durée de jeu sur la performance en (Squat-Jump)

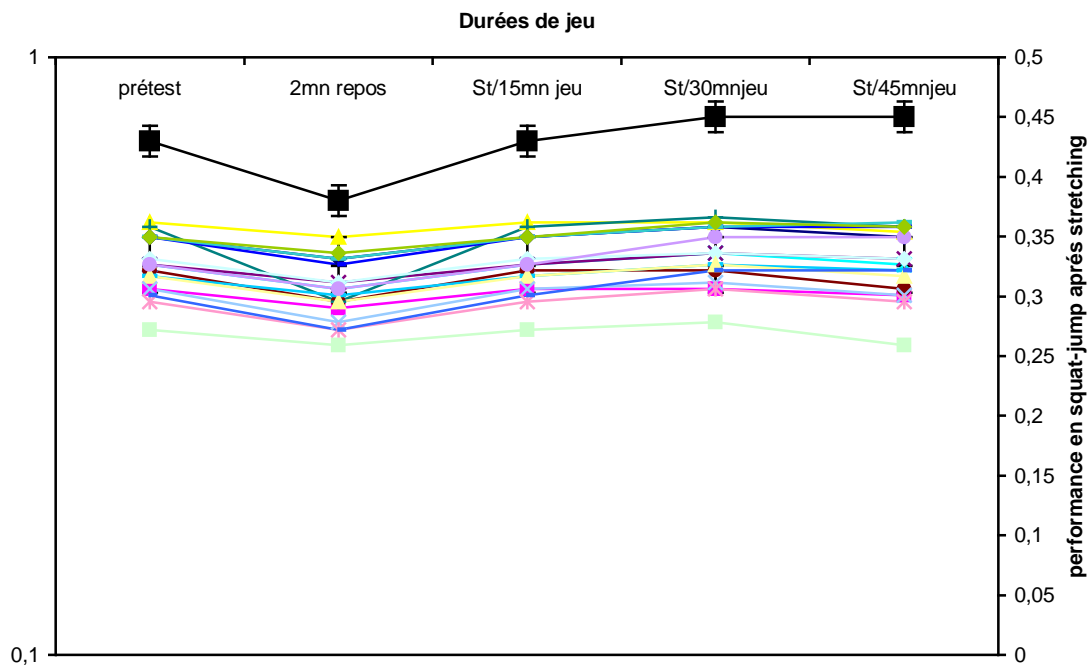
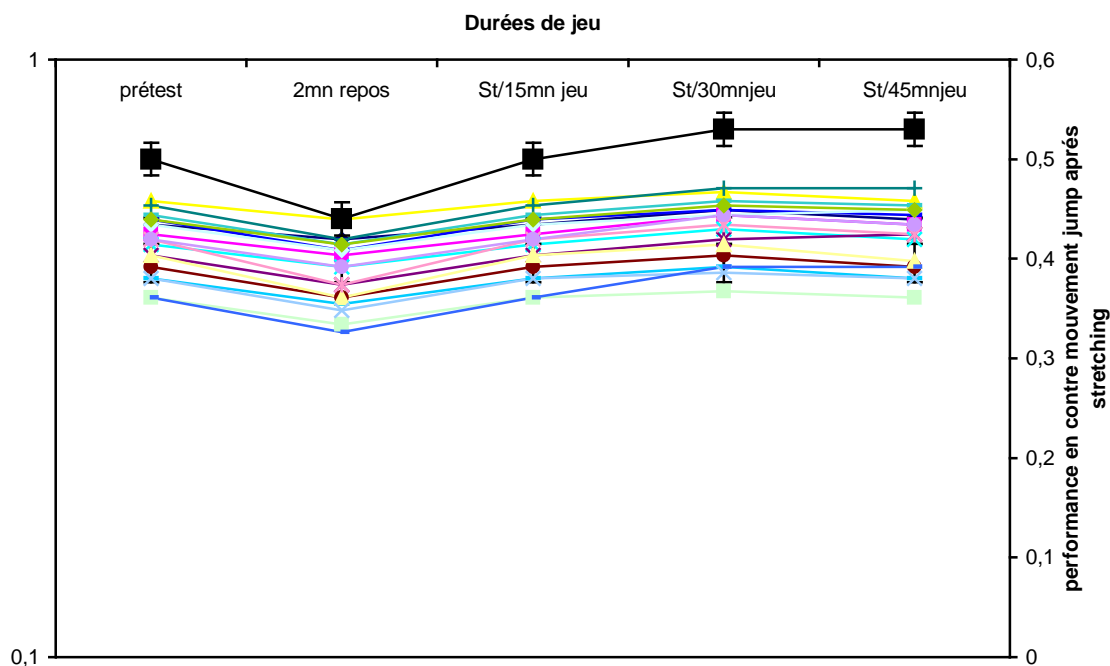


Figure n 16 influence de l'interaction stretching statique passifx durée de jeu sur la performance en (contre mouvement jump)



Commentaire :

L'analyse statistique comparative des valeurs moyennes de la performance en Squat-Jump et en Contre Mouvement Jump dans chaque période de jeu, indique une influence significative ($p < 0.05$) de la variable interaction SP xDJ sur la performance.

En effet, nous remarquons que le P varie de façon significative ($p < 0.05$) en fonction de l'augmentation de la DJ (Figure :). L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching. autrement dit, les effets du stretching passif (SP) varie selon la durée du jeu. En D1, le SP a causé la détérioration de la performance, cet effet commence à disparaître Durant la D2 jusqu'à la D3 pour se stabiliser en D4. cette variation des effets du SP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets négatifs pour être transformés en effets positifs sur la progression physiologique des joueurs. Le SP agit négativement sur la performance dans les efforts bref de court durée. (détente).

Influences de l'interaction ESP x DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄ sur la P

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

Tab 12bLSD vitesse 10m et30m

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Sig.
Vitesse10m	1,00	2,00	-,32316*	,000
		3,00	0,00000	1,000
		4,00	,08211*	,007
		5,00	,05526	,066
	2,00	1,00	,32316*	,000
		3,00	,32316*	,000
		4,00	,40526*	,000
		5,00	,37842*	,000
	3,00	1,00	0,00000	1,000
		2,00	-,32316*	,000
		4,00	,08211*	,007
		5,00	,05526	,066
	4,00	1,00	-,08211*	,007
		2,00	-,40526*	,000
		3,00	-,08211*	,007
		5,00	-,02684	,368
	5,00	1,00	-,05526	,066
		2,00	-,37842*	,000
		3,00	-,05526	,066
		4,00	,02684	,368
Vitesse30m	1,00	2,00	-,11053	,056
		3,00	0,00000	1,000
		4,00	,33000*	,000
		5,00	,30579*	,000
	2,00	1,00	,11053	,056
		3,00	,11053	,056
		4,00	,44053*	,000
		5,00	,41632*	,000
	3,00	1,00	0,00000	1,000
		2,00	-,11053	,056
		4,00	,33000*	,000
		5,00	,30579*	,000
	4,00	1,00	-,33000*	,000
		2,00	-,44053*	,000
		3,00	-,33000*	,000
		5,00	-,02421	,673
	5,00	1,00	-,30579*	,000
		2,00	-,41632*	,000
		3,00	-,30579*	,000
		4,00	,02421	,673

(1) prétest (2) après 2min de repos (3) après 15min de jeu (4)après 30min/j (5)après45min/j

Figure n17 influence de l'interaction stretching statique passif x durée de jeu sur la performance en (Vitesse 10m)

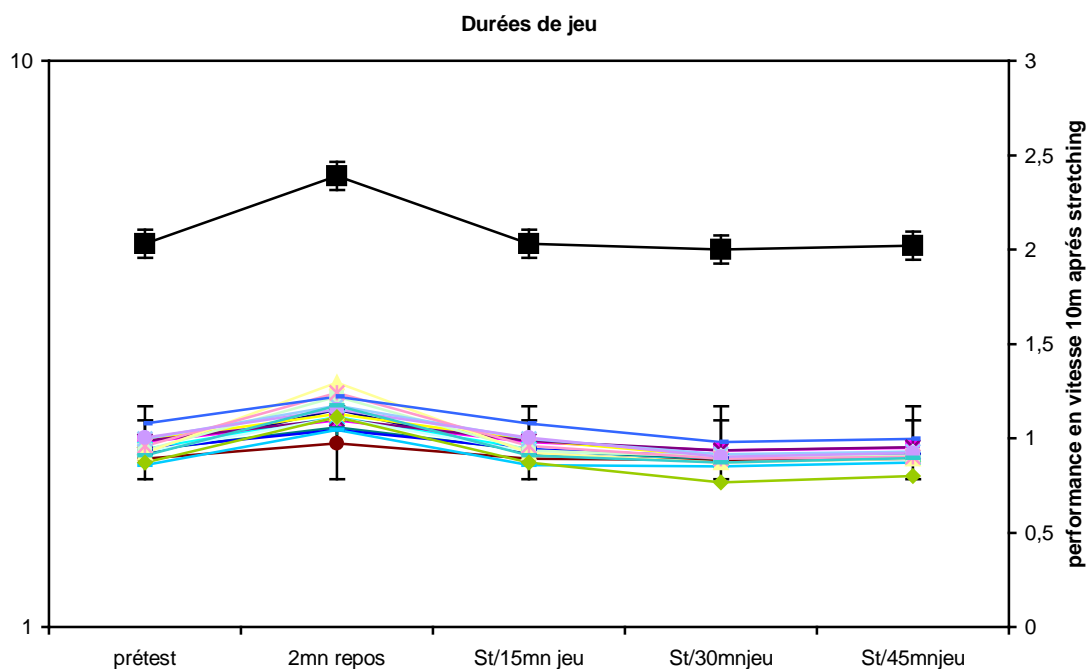
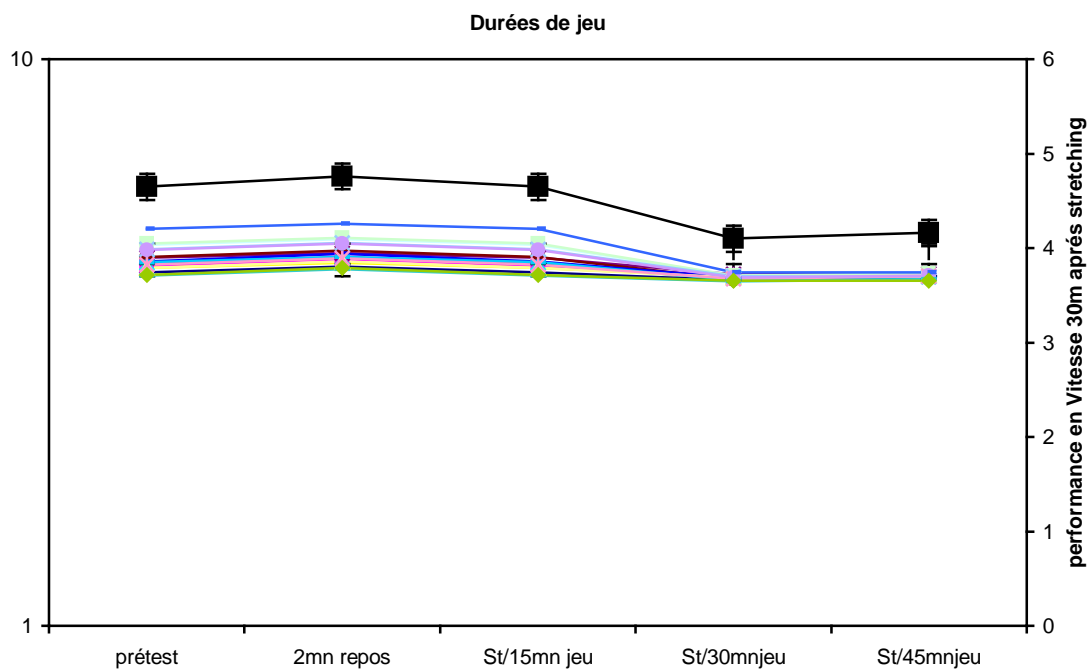


Figure n 18 influence de l'interaction stretching statique passif x durée de jeu sur la performance en (Vitesse 30m)



Commentaire :

L'analyse statistique comparative des valeurs moyennes de la performance en Vitesse dans chaque période de jeu, indique une influence significative ($p < 0.05$) de la variable interaction SP xDJ sur la performance.

En effet, nous remarquons que la P varie de façon significative ($p < 0.05$) en fonction de l'augmentation de la DJ (Figure :). L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching. autrement dit, les effets des étirements SP varie selon la durée du jeu. En D1, les SP ont causé la détérioration de la performance, cet effet commence à disparaître Durant la D2 jusqu'à la D3 pour se stabiliser en D4. Cette variation des effets des SP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets négatifs pour être transformés en effets positifs sur la progression physiologique des joueurs. Sauf pour la Vitesse sur 10m, dans la D2, les SP a manifesté plus d'effets par rapport à la Vitesse sur 30m ce qui explique que le SP agit négativement sur la performance dans les efforts bref de court durée.

Influences de l'interaction ESP x DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄ sur la P

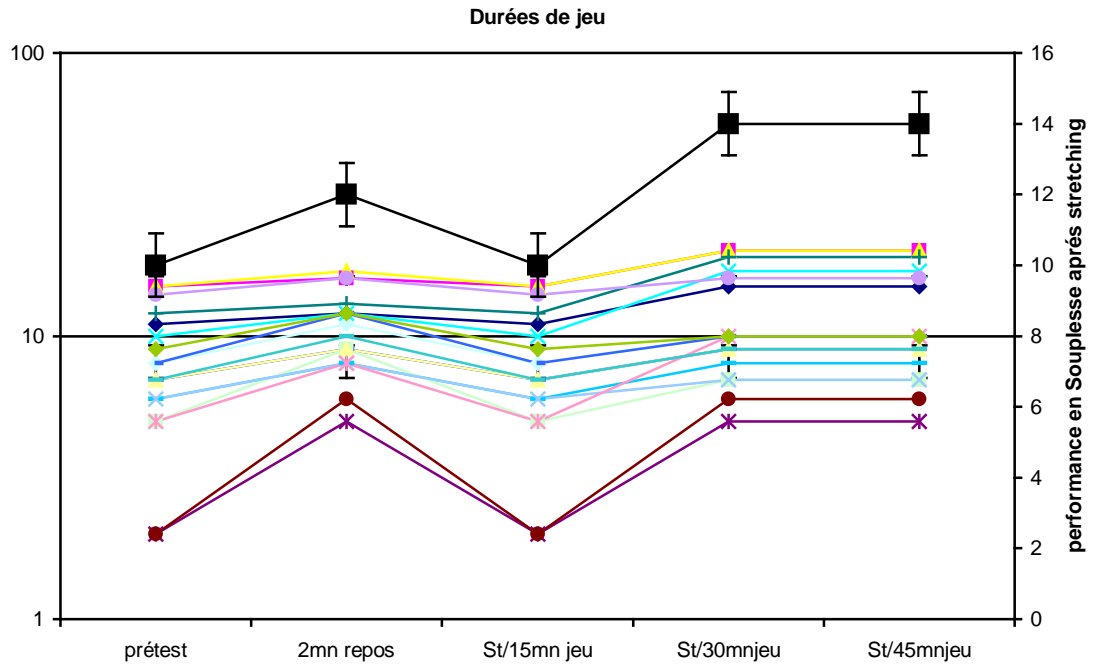
*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

Tab 13b LSD Souplesse et Agilité

Variable dépendante			Différence moyenne (I-J)	Sig.
SOUPLESSE	1,00	2,00	-2,42105	,078
		3,00	0,00000	1,000
		4,00	-3,26316*	,018
		5,00	-3,26316*	,018
	2,00	1,00	2,42105	,078
		3,00	2,42105	,078
		4,00	-,84211	,536
		5,00	-,84211	,536
	3,00	1,00	0,00000	1,000
		2,00	-2,42105	,078
		4,00	-3,26316*	,018
		5,00	-3,26316*	,018
	4,00	1,00	3,26316*	,018
		2,00	,84211	,536
		3,00	3,26316*	,018
		5,00	0,00000	1,000
	5,00	1,00	3,26316*	,018
		2,00	,84211	,536
		3,00	3,26316*	,018
		4,00	0,00000	1,000
Agilité	1,00	2,00	-,16895	,171
		3,00	0,00000	1,000
		4,00	,56368*	,000
		5,00	,54105*	,000
	2,00	1,00	,16895	,171
		3,00	,16895	,171
		4,00	,73263*	,000
		5,00	,71000*	,000
	3,00	1,00	0,00000	1,000
		2,00	-,16895	,171
		4,00	,56368*	,000
		5,00	,54105*	,000
	4,00	1,00	-,56368*	,000
		2,00	-,73263*	,000
		3,00	-,56368*	,000
		5,00	-,02263	,854
	5,00	1,00	-,54105*	,000
		2,00	-,71000*	,000
		3,00	-,54105*	,000
		4,00	,02263	,854

(1) prétest (2) après 2min de repos (3) après 15min de jeu (4)après 30min/j (5)après45min/j

Figure n 19 influence de l'interaction stretching statique passif x durée de jeu sur la performance (Souplesse)

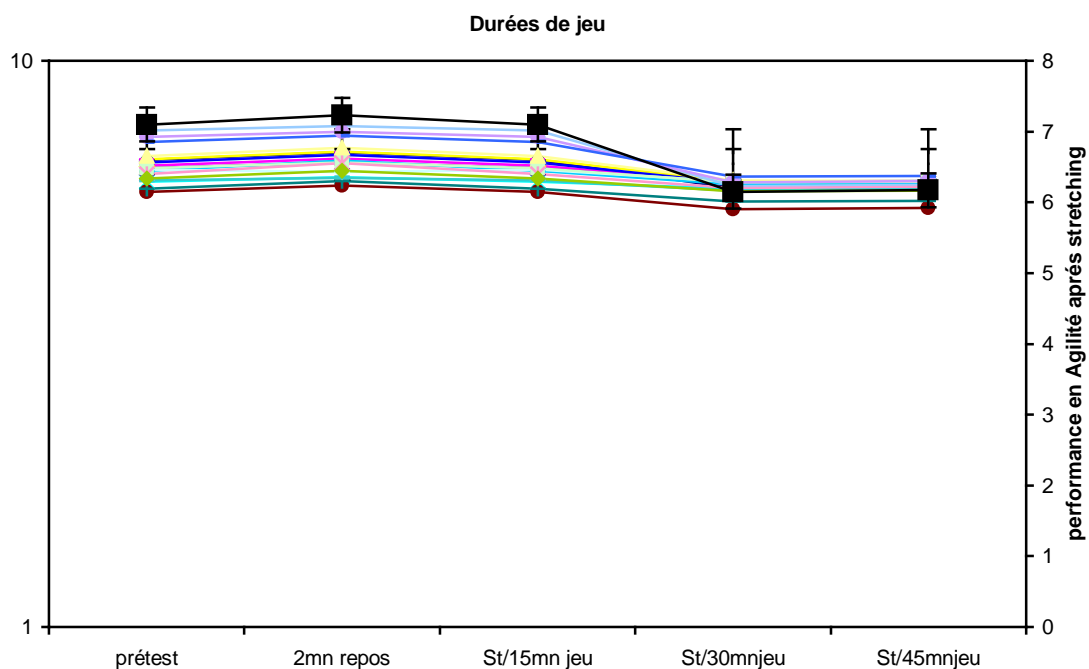


Commentaire :

L'analyse statistique comparative des valeurs moyennes de la performance en Souplesse dans chaque période de jeu, indique une influence significative ($p < 0.05$) de la variable interaction ESP xDJ sur la performance.

En effet, nous remarquons que le P varie de façon significative ($p < 0.05$) en fonction de l'augmentation de la DJ (Figure :). L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching .autrement dit ,les effets des étirements SP varie selon la durée du jeu .En D1, les SP ont causé l'amélioration de la performance en D1 ,cet effet commence à disparaître pendant la D2 puis elle rejoint la progression de nouveau jusqu'à la D4.cette variation des effets des ESP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances. Sachant que l'étirement est la meilleure method pour le développement de la souplesse.

Figure n 20 influence de l'interaction stretching statique passif x durée de jeu sur la performance en (Agilité)



Commentaire :

L'analyse statistique comparative des valeurs moyennes de la performance en Agilité dans chaque période de jeu, indique une influence significative ($p < 0.05$) de la variable interaction ESP xDJ sur la performance.

En effet, nous remarquons que le P varie de façon significative ($p < 0.05$) en fonction de l'augmentation de la DJ (Figure :). L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching .autrement dit ,les effets des étirements SP varie selon la durée du jeu .En D1, les ESP avait des effets positives sur la performance ,cet effet commence à disparaitre Durant la D1 jusqu'à la D2. La regression des valeurs de l'agilité en D3 et D4 et probablement du la perte des qualites de coordination par l'effet de fatigue qui engender la perte de concentration et des capacités neuro-musculaires .cette variation des effets des ESP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets negatifs pour être transformer en effets positives sur la

progression physiologique des joueurs.

Influences de l'interaction ESP x DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄ sur la P

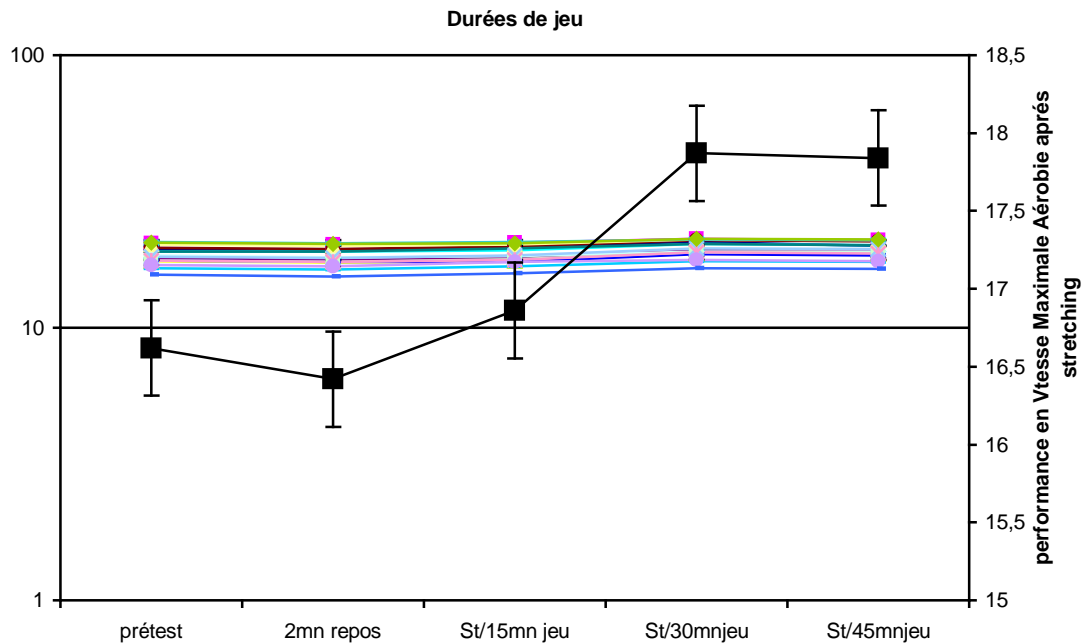
*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

Tab 14 bLSD VMA

Variable dépendante		Différence moyenne (I-J)		Sig.
VMA	1,00	2,00	,19263	,681
		3,00	-,13579	,772
		4,00	-1,03474*	,029
		5,00	-,87579	,064
	2,00	1,00	-,19263	,681
		3,00	-,32842	,484
		4,00	-1,22737*	,010
		5,00	-1,06842*	,024
	3,00	1,00	,13579	,772
		2,00	,32842	,484
		4,00	-,89895	,057
		5,00	-,74000	,116
	4,00	1,00	1,03474*	,029
		2,00	1,22737*	,010
		3,00	,89895	,057
		5,00	,15895	,734
	5,00	1,00	,87579	,064
		2,00	1,06842*	,024
		3,00	,74000	,116
		4,00	-,15895	,734

(1) prétest (2) après 2min de repos (3) après 15min de jeu (4)après 30min/j (5)après45min/j

Figure n 21 influence de l'interaction stretching statique passif durée de jeu sur la performance en (Vitesse Maximale Aérobie)



Commentaire :

L'analyse statistique comparative des valeurs moyennes de la performance en VMA dans chaque période de jeu, indique une influence significative ($p < 0.05$) de la variable interaction ESP xDJ sur la performance.

En effet, nous remarquons que le P varie de façon significative ($p < 0.05$) en fonction de l'augmentation de la DJ (Figure :). L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching. autrement dit, les effets des étirements SP varie selon la durée du jeu. En D1, les SP ont causé une légère regression de la performance, cet effet commence à disparaître Durant la D2. en phase D3 l'amélioration de la VMA est très significative, meme constatation en D4. cette variation des effets des SP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets négatifs pour être transformer en effets positives sur la progression physiologique des joueurs. Ce qui fait du football un sport intermittent à dominante aérobie.

Tab 15 Résultats généraux des comparaisons des moyennes par un T-STUDENT des échantillons appariés

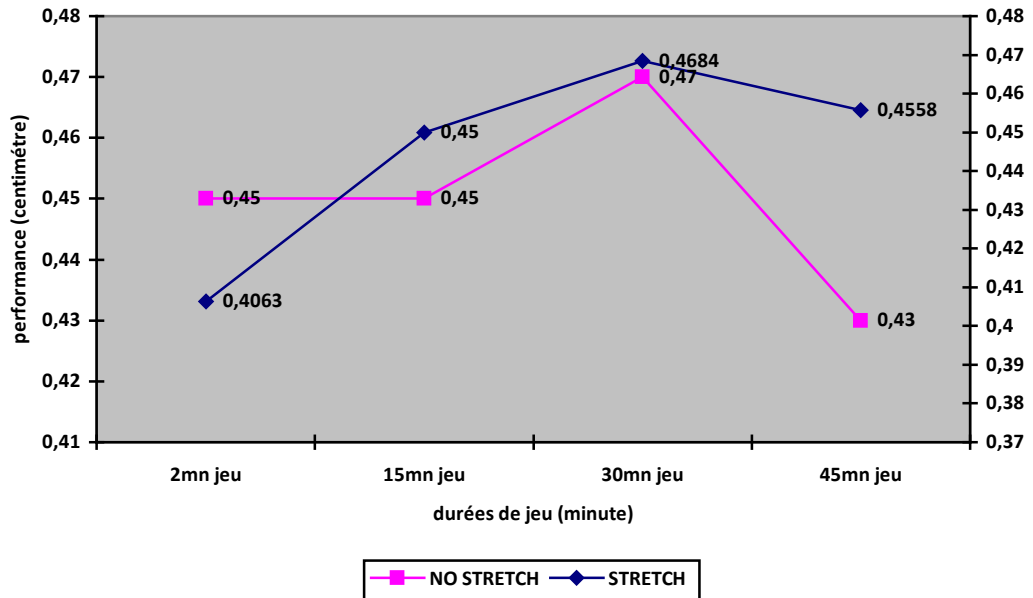
test des échantillons appariés

		Différences appariées		t	ddl	Sig. (bilatéral)
		Moyenne	Ecart type			
Paire 1	SJNoStrch1 - SJStrech1	,04368	,02266	8,403	18	,000
Paire 2	SJNoStrech2 - SJStrech2	-,00105	,00994	-,462	18	,650
Paire 3	SJNoStrech3 - SJStrech3	,00474	,01124	1,837	18	,083
Paire 4	SJNoStrech4 - SJStrech4	-,02947	,03407	-3,771	18	,001
Paire 5	CMJNs1 - CMJStrch1	,05158	,01259	17,859	18	,000
Paire 6	CMJNs2 - CMJStrch2	,00105	,00994	,462	18	,650
Paire 7	CMJNs3 - CMJStrch3	-,00737	,01240	-2,590	18	,018
Paire 8	CMJNs4 - CMJStrch4	-,05737	,02051	-12,195	18	,000
Paire 9	SouNs1 - SoupStrech1	-2,42105	,96124	-10,979	18	,000
Paire 10	SouNs2 - SoupStrech2	,84211	,60214	6,096	18	,000
Paire 11	SouNs3 - SoupStrech3	-1,78947	1,96013	-3,979	18	,001
Paire 12	SouNs4 - SoupStrech4	-3,26316	1,85119	-7,684	18	,000
Paire 13	VIT10mNS1 - VIT10mS1	-,32316	,13655	-10,316	18	,000
Paire 14	VIT10mNS2 - VIT10mS2	-,00789	,01032	-3,336	18	,004
Paire 15	VIT10mNS3 - VIT10mS3	,05263	,04581	5,008	18	,000
Paire 16	VIT10mNS4 - VIT10mS4	,09074	,04802	8,237	18	,000
Paire 17	VIT30mNS1 - VIT30mS1	-,11053	,01393	-34,576	18	,000
Paire 18	VIT30mNS2 - VIT30mS2	-,00947	,00705	-5,857	18	,000
Paire 19	VIT30mNS3 - VIT30mS3	,29526	,20392	6,312	18	,000
Paire 20	VIT30mNS4 - VIT30mS4	,35468	,21657	7,139	18	,000
Paire 21	AgilitéNS1 - AgilitéS1	-,16895	,07716	-9,544	18	,000
Paire 22	AgilitéNS2 - AgilitéS	-,00789	,00787	-4,371	18	,000
Paire 23	AgilitéNS3 - AgilitéS3	,53105	,35889	6,450	18	,000
Paire 24	AgilitéNS4 - AgilitéS4	,58632	,36145	7,071	18	,000
Paire 25	VMANS1 - VMAS1	,19263	,05546	15,139	18	,000
Paire 26	VMANS2 - VMAS2	-,13053	,16521	-3,444	18	,003
Paire 27	VMANS3 - VMAS3	-,92842	,26300	-15,387	18	,000
Paire 28	VMANS4 - VMAS4	-,98105	,29149	-14,671	18	,000

Seuil de signification $p < 0.05$

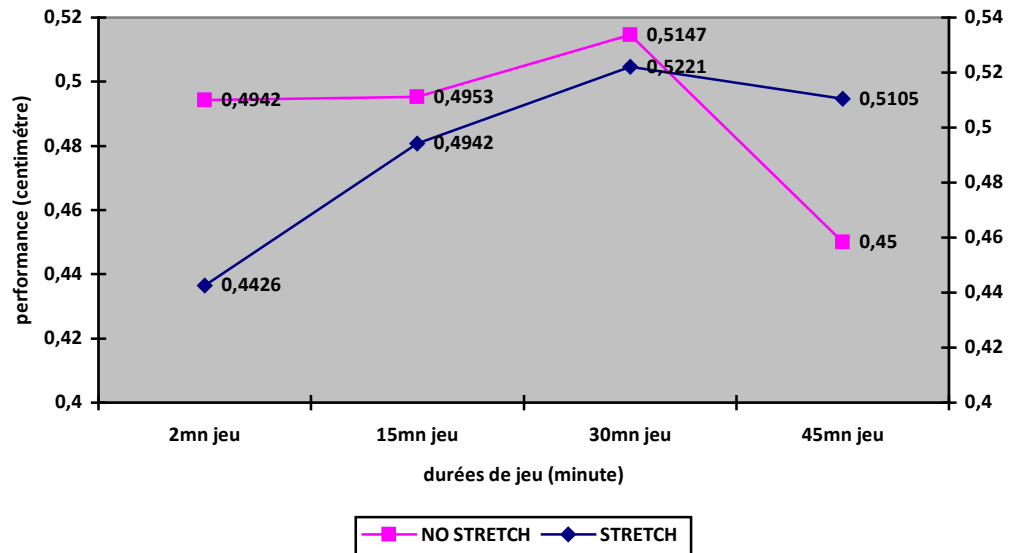
Les valeurs de T calculées et démontrées sur le tableau n° indiquent une grande signification statistique au seuil $p < 0.05$ en faveur de la variable stretching qui avait un effet variable sur les performances en comparaison avec la variable no stretching dans les différentes comparaisons.

Figure n 22 comparaison des moyennes en squat-jump



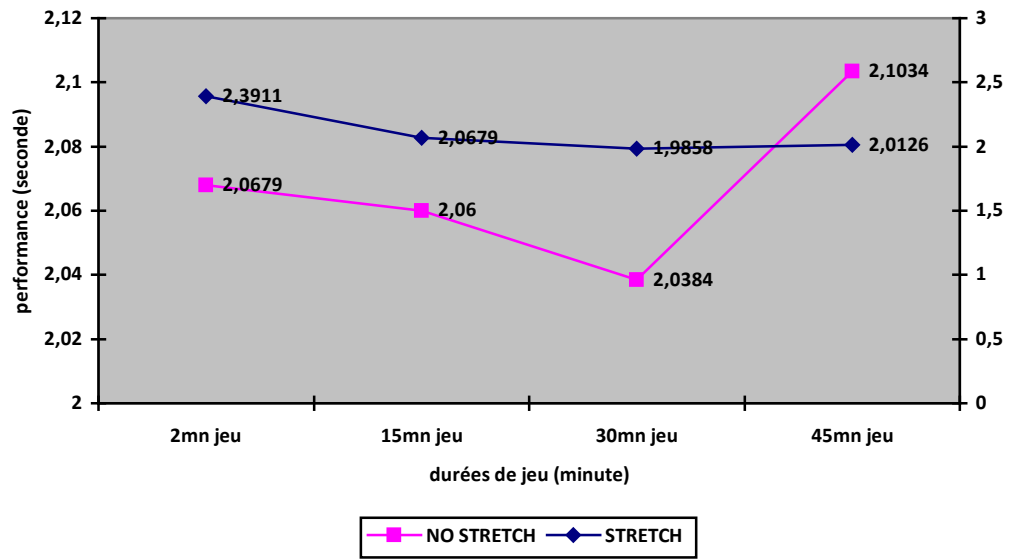
D'après la figure n° pendant la D1, la différence de moyenne est en faveur du groupe No Stretch ; pendant la D2, D3, D4 elle s'est inversée en faveur du groupe Stretch .

Figure n 23 comparaison des moyennes en Contre mouvement jump



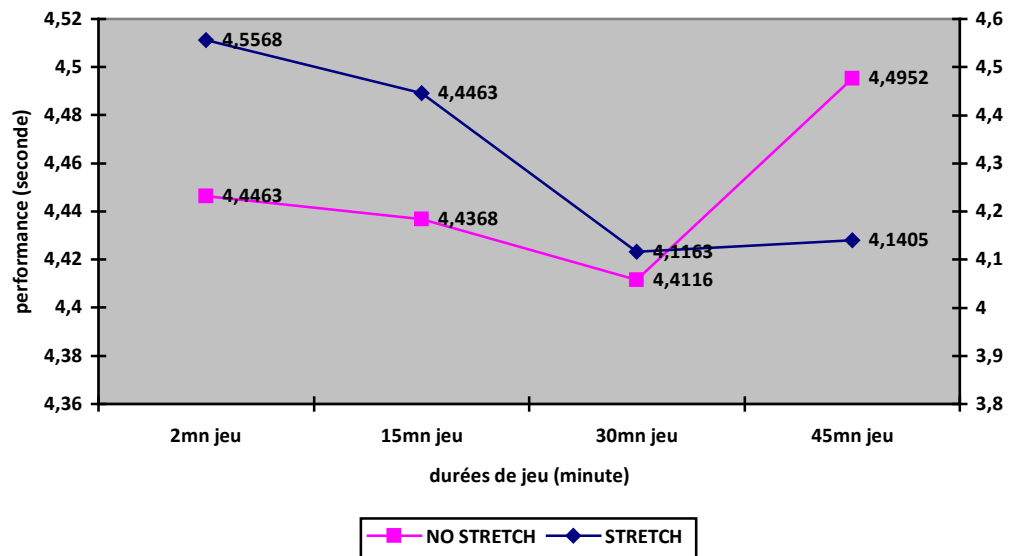
D'après la figure n° pendant la D1, et D2, la différence de moyenne est en faveur du groupe No Stretch , tandis qu'au D3 et D4 elle s'est inversée en faveur du groupe Stretch .

Figure n 24 comparaison des moyennes Vitesse 10 m



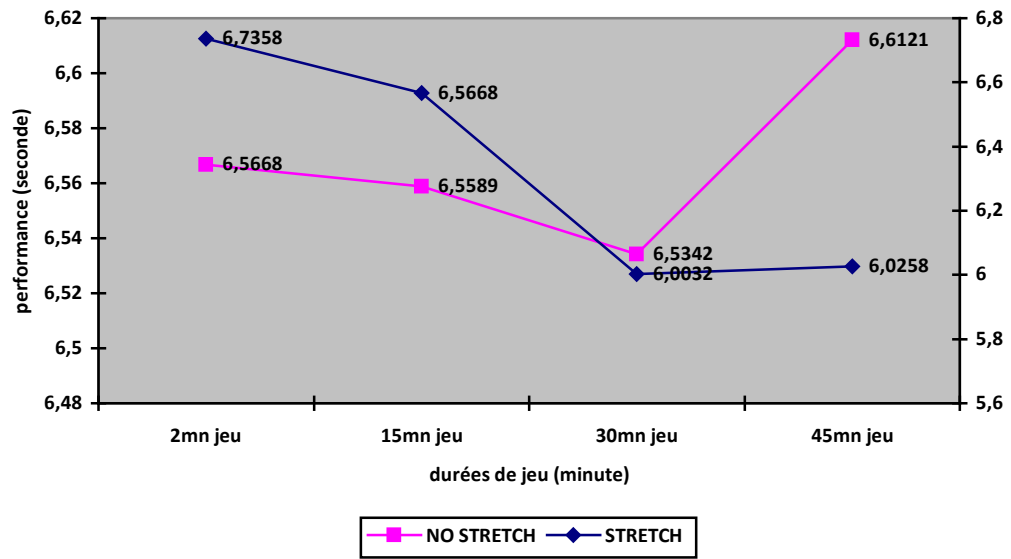
D'après la figure n° pendant la D1, la différence de moyenne est en faveur du groupe No Stretch ; pendant la D2, la différence n'est pas significative ; en D3 et D4 elle s'est inversée en faveur du groupe Stretch .

Figure n 25 comparaison des moyennes Vitesse 30 m



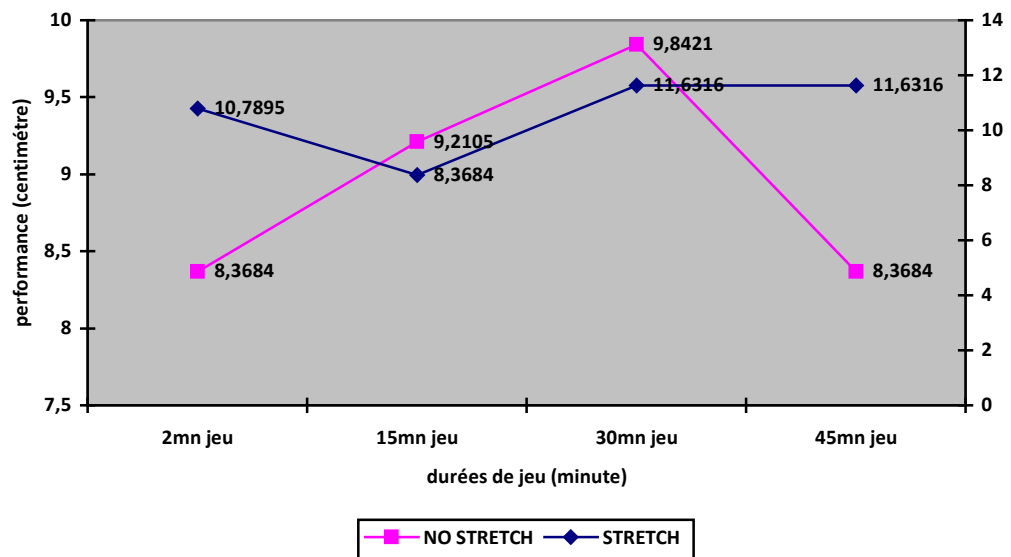
D'après la figure n° pendant la D1, et D2 la différence de moyenne est en faveur du groupe No Stretch , alors que pendant la D3 et D4 elle s'est inversée en faveur du groupe Stretch .

Figure n 26 comparaison des moyennes Agilité



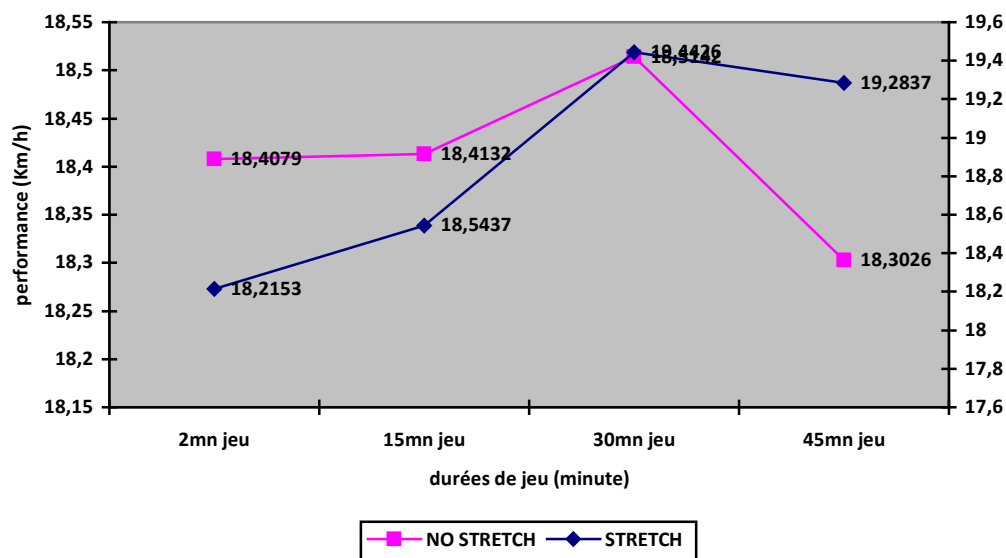
D'après la figure n° pendant la D1, et D2 la différence de moyenne est en faveur du groupe No Stretch, alors que pendant la D3 et D4 elle s'est inversée en faveur du groupe Stretch.

Figure n 27 comparaison des moyennes souplesse



D'après la figure n° pendant la D1, D3 et D4 la différence de moyenne est en faveur du groupe Stretch, à part la D2 elle s'est inversée en faveur du groupe No Stretch par le fait que les athlètes ont repris leurs caractéristiques musculaires (raideur qui va à l'inverse de la compliance des composantes contractiles et élastiques de la fibre musculaire)

Figure n 28 comparaison des moyennes Vitesse Maximale Aérobie (VMA)



D'après la figure n° pendant la D1, la différence de moyenne est en faveur du groupe No Stretch, alors que pendant la D2, D3 et D4 elle s'est inversée en faveur du groupe Stretch.

Vu la dominante aérobie du football agissante pendant les phases de récupération qui entrecoupent les efforts intenses, les valeurs de la VMA se sont vu progressés durant les différentes phases de jeu.

Tableau n° 16 : Corrélations entre le groupe Stretch et No Stretch .

Corrélations des échantillons appariés

Comparaison intergroupe No Stretching & Stretching		N	Corrélation	Sig.
Paire 1	SJNoStrch1 & SJStrech1	19	,885	,000
Paire 2	SJNoStrech2 & SJStrech2	19	,979	,000
Paire 3	SJNoStrech3 & SJStrech3	19	,975	,000
Paire 4	SJNoStrech4 & SJStrech4	19	,806	,000
Paire 5	CMJNs1 & CMJStrch1	19	,973	,000
Paire 6	CMJNs2 & CMJStrch2	19	,983	,000
Paire 7	CMJNs3 & CMJStrch3	19	,984	,000
Paire 8	CMJNs4 & CMJStrch4	19	,945	,000
Paire 9	SouNs1 & SoupStrech1	19	,976	,000
Paire 10	SouNs2 & SoupStrech2	19	,990	,000
Paire 11	SouNs3 & SoupStrech3	19	,925	,000
Paire 12	SouNs4 & SoupStrech4	19	,935	,000
Paire 13	VIT10mNS1 & VIT10mS1	19	,359	,131
Paire 14	VIT10mNS2 & VIT10mS2	19	,992	,000
Paire 15	VIT10mNS3 & VIT10mS3	19	,826	,000
Paire 16	VIT10mNS4 & VIT10mS4	19	,785	,000
Paire 17	VIT30mNS1 & VIT30mS1	19	,998	,000
Paire 18	VIT30mNS2 & VIT30mS2	19	1,000	,000
Paire 19	VIT30mNS3 & VIT30mS3	19	,712	,001
Paire 20	VIT30mNS4 & VIT30mS4	19	,688	,001
Paire 21	AgilitéNS1 & AgilitéS1	19	,986	,000
Paire 22	AgilitéNS2 & AgilitéS2	19	1,000	,000
Paire 23	AgilitéNS3 & AgilitéS3	19	,672	,002
Paire 24	AgilitéNS4 & AgilitéS4	19	,672	,002
Paire 25	VMANS1 & VMAS1	19	,999	,000
Paire 26	VMANS2 & VMAS2	19	,994	,000
Paire 27	VMANS3 & VMAS3	19	,983	,000
Paire 28	VMANS4 & VMAS4	19	,981	,000

Seuil de signification $p < 0.05$

Corrélations entre le groupe Stretch et No Stretch

Le tableau n°16 nous montre une forte corrélation entre le groupe Stretch et No Stretch, avec une grande signification $> 0,70$, puisque p est fixée à $0,05$. Ces corrélations ont pour objectif de vérifier si les tests permettent de vérifier par ailleurs l'efficacité de la performance sportive dans toutes les comparaisons. Cela revient à dire que la variable indépendante (SP) avait un effet significatif sur les performances (P).

-Interprétation des résultats et conclusion:

Ces résultats s'expliquent par un mécanisme mécanique et neural. Le système musculaire et tendineux deviennent moins rigides suite à un étirement et nuisent aux propriétés contractiles et élastiques du muscle. En effet, une rigidité accrue du système peut favoriser le déploiement d'une meilleure vitesse de raccourcissement de la composante contractile transmise aux composantes élastiques parallèles et séries à l'effort intense. Du point de vue neural, la chute du tonus musculaire et la mise en jeu des reflex (myotatique et d'étirement) sont des facteurs qui influencent négativement la faculté de produire une grande vitesse de raccourcissement du système.

L'objectif primordiale de cette étude a été de mesurer et de comparer au cours de différent condition d'échauffement (a) no stretching ; (b) stretching suivant protocole expérimentale, les effets de l'interaction étirements statique passif (S P) x durée de jeu (DJ) sur la performance induite et mesurée à la fin de chaque phase de jeu. En clair, nous avons évalué les effets en fonction de la variation de la « durée du jeu » caractérisant chaque condition d'échauffement sur le comportement adaptatif des joueurs à l'effort. Autrement dit, voir la persistance des effets de l'étirement. Durant les différentes phases de jeu.

L'analyse statistique nous a révélé qu'il n'y a pas de différence entre les quatre périodes de tests. Dans le protocole « a ». Ses résultats reflètent l'objectivité, la validité et la fidélité des tests utilisés dans notre étude. Ce qui nous a permis de mieux cerner les variables pour permettre de démontrer les effets de la variable indépendante (étirement statique passif) sur la variable dépendante (performance) en fonction d'une deuxième variable indépendante qui est la durée des période de jeu et ceci pendant la phase « b ».

dans les différentes comparaisons les valeurs de la performance (P) mesurées en fonction des étirements statiques passifs (ESP) et des différentes durées de jeu (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) dans le match, indique un effet significatif de l'interaction des variables (SP) x (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) sur les variations de la performance.

La comparaison entre les deux protocoles « a » et « b » indiquent une grande signification statistique en faveur de la variable stretching « b » qui avait un effet variable sur les performances en comparaison avec la variable no stretching « a » dans les différentes comparaisons.

On peut conclure donc que la pratique du stretching statique passif influe négativement sur la performance après 2 min de repos, mais cet effet ne persiste pas et commence à disparaître au cours de la deuxième phase (après 15 min de jeu). L'amélioration de la performance continue à progresser durant la phase qui suit (30min de jeu) .a la fin de la quatrième phase (45 min de jeu), une légère dégression a été enregistrée qui est probablement due à la fatigue.

Concernant la corrélation entre le protocole « Stretching » et « No Stretching » en fonction des durées de jeu, elle a été fortement significative en faveur du Stretching statique passif. En phase DJ1 la corrélation été fortement négative, mais en DJ2, DJ3 et DJ4 les valeurs enregistrés été fortement positives.

En football moderne, le développement d'une grande puissance musculaire est très demandé pour maximiser les performances des joueurs en sprint et en détente Young, W.B., M.H. McDowell, and B.J. Scarlett. , (2001).les efforts bref et intenses comme les sprints ,les reprises de vitesse et les changements de direction sont des facteurs qui exigent une importante demande énergétique Selon Billat, V., (1998), avec une activation enzymatique conséquente selon Garry JP, McShane MD, (2000), une amélioration des composantes élastiques du muscle selon (Carminati, Y. and Di Salvo, V., 2003);,et une augmentation de la température musculaire (36° à 39,4°) selon (Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. and Bangsbo, J., 2004).

CHAPITRE III

Discussion générale.

Discussion générale

A la recherche des effets aigus et chroniques des étirements passif sur les performances ,on a étudié le comportement des joueurs de football d'une division de niveau régionale amateur catégorie sénior, pendant les tests de sprint , saut, souplesse, agilité et de VMA après les avoir soumis à des situations d'échauffement différentes, sans étirement et sous l'effet des étirements passifs. Cependant, les résultats en laboratoire ne peuvent pas toujours directement prédire les effets sur les performances sportives en milieux pratiques. On a donc voulu déterminer si les impacts négatifs ou positifs des étirements pré-compétition persistent en fonction de la durée des efforts dans les sports intermittents à dominante force et vitesse. On a mis en jeu principalement les variables suivantes :

-la durée de jeu

-le stretching passif

-la performance en sprints, sauts, souplesse, agilité et VMA

C'est en comparant les performances réalisées de chaque joueur après les tests d'évaluation entre la phase (a) de non Stretching et la phase (b) de stretching, c'est en appréciant la différence des performances, que nous arrivons à déterminer si les impacts négatifs ou positifs des étirements pré-exercices étaient applicables aux sports impliquant de l'impulsion.

4- la nature de la corrélation entre les conditions de Stretching et de No Stretching est très significative, et elle varie positivement ou négativement selon la durée de l'effort

Vérification de l'hypothèse 1

-La durée de l'effort n'influe pas sur la validité des tests (protocole « a »).

Les résultats recueillis à la fin du plan expérimental « a » révèle qu'il n'y a pas d'effet significatif de la variable DJ(durée de jeu) sur la P (performance) induit par l'activité des joueurs au cours des condition de Non Stretching. Ce qui montre bien que la variables DJ

acceptent l'hypothèse composite .sauf pour la variable CMJ (0.004) qui indique un effet significatif $p < 0.05$.

cette signification statistique concernant la variable (CMJ) est classée dégressivement en fonction de la durée; Dj4, Dj3, Dj2 puis Dj1 et elle peut être expliquée par le manque de travail de force chez les joueurs pendant leur période de préparation .la littérature indique que le CMJ et SJ sont de bons indicateurs de l'explosivité chez les footballeurs selon (Bazett-Jones, D, Holmes, W., and Dugan, E, 2008) Et elle semble fortement corrélée avec les facultés de vitesse (Wisloff U. and al., 2004)

la détérioration des valeurs de la force des membres inférieurs s'est manifestée dégressivement en fonction des durées de jeu par l'effet de la fatigue .L'absence de signification $p > 0.05$ concernant les autres variables indique la forme sportive optimale des joueurs Durant cette période de préparation.

D'après le tableau n°2 les valeurs de F n'avaient pas de signification au seuil 0.05, ce qui nous révèle qu'il n'y a pas de différence entre les quatre périodes de tests. Ses résultats reflètent l'objectivité, la validité et la fidélité des tests utilisés dans notre étude. Les résultats de cette phase « a » de l'expérimentation nous ont permis de mieux cerner les variables pour permettre de démontrer les effets de la variable indépendante (étirement passif) sur la variable dépendante (performance) en fonction d'une deuxième variable indépendante qui est la durée des périodes de jeu et ceci pendant la phase « b ».

Vérification de l'hypothèse 2

2-Les étirements passifs influent variablement sur la performance au cours des durées de jeu explorées (protocole « b »).

L'analyse statistique comparative des valeurs de la performance (P) mesurées en fonction du stretching passif (SP) et des différentes durées de jeu (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) dans le match, indique un effet significatif de l'interaction des variables (ESP) x (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) sur

les variations de la performance ($p < 0.05$). Cette signification nous a permis de procéder à l'application de l'analyse *Post hoc* pour classifier la variance de l'effet de l'interaction des variables (SP) x (DJ₁, DJ₂, DJ₃, DJ₄) entre les groupes au seuil de signification 0.05.

Pour que la discussion soit menée d'une manière claire, l'ordre doit être chronologique et méthodologique suivant la succession des tests et des durées de jeu.

Concernant la détente (SJ, CMJ), la vitesse (10m ,30m) et l'agilité:

L'analyse statistique comparative des valeurs moyennes de la performance en Squat-Jump et en Contre Mouvement Jump dans chaque période de jeu , , indique une influence significative ($p < 0.05$) de la variable interaction SP xDJ sur la performance.

En effet, nous remarquons que le P varie de façon significative ($p < 0.05$) en fonction de l'augmentation de la DJ (Figure :). L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching .autrement dit ,les effets du stretching passif (SP) varie selon la durée du jeu .En D1, le SP a causé la détérioration de la performance ,cet effet commence à disparaître Durant la D2 jusqu'à la D3 pour se stabiliser en D4.cette variation des effets du SP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets négatifs pour être transformer en effets positives sur la progression physiologique des joueurs. Le SP agit négativement sur la performance dans les efforts bref de court durée.(détente).

La littérature indique que le CMJ et SJ sont de bon indicateurs de l'explosivité chez les footballeurs selon (Bazett-Jones, D, Holmes, W., and Dugan, E, 2008) et elle semblent fortement corrélés avec les facultés de vitesse (Wisloff U. and al., 2004)

On ce référant a une ancienne étude (DeVries, H. A, 1963),qui avait de répondre à cette question. Il a étudié l'effet des étirements préexercices sur le temps de course d'une épreuve de vitesse sur 100 m. Les résultats recueillies sur quatre sujets ont montré que les étirements n'avaient pas un impact négatif sur le temps au 100 m, exercice dans lequel la puissance musculaire joue un très grand rôle. Pourtant une autre étude publiée l'année suivante rapporta

que les performances de vitesse étaient améliorées lorsqu'une séance d'étirements était incluse dans le programme d'entraînement (Dintiman GB, 1964); des résultats confirmés beaucoup plus tard par d'autres études impliquant la force (Worrel TW, Smith TL, Winegardner J , 1994); (Kokkonen J , Lauritzen S, 1995).

Depuis cette étude pilote, de nombreux chercheurs se sont penchés sur la pertinence de faire des étirements préexercices, en mesurant les niveaux de production de force et/ou de puissance dans différentes conditions (isométrique, isocinétique, dynamique), mais aussi les variations de la performance elle-même.

Dans un article publié en (Kokkonen, J., Nelson, A. G., and A. Cornwell, 1998), ont demandé à leurs sujets, après avoir fait un test de souplesse, de suivre une série de 5 étirements statiques passifs des muscles de la hanche, de la cuisse et du mollet. Cette série était répétée 3 fois de suite par le sujet seul, puis 3 fois de suite avec l'assistance des expérimentateurs. Les étirements étaient maintenus durant 15 s (3 fois) avec des pauses de 15 s entre chaque. **Une phase de récupération de 10 min** était alors imposée avant de refaire un test de souplesse puis de réaliser un test de force (1RM) au niveau des muscles du genou. Ils notèrent une amélioration de la souplesse de 16% alors que la 1RM diminua de 7,3% en flexion et de 8,1% en extension.

Dans cette même mouvance, l'étude de; (Mokkedes .M I ; Bengoua .A , 2011) confirme les effets négatif induits par le stretching passif sur les performances en sprint de 30 et 40 mètre.

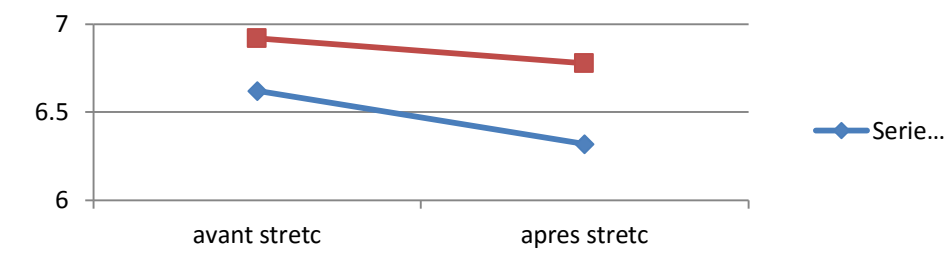


Figure n° 29 : diminution de la vitesse de course par l'effet aigu du stretching passif d'après (Mokkedes .M I ; Bengoua .A , 2011).

Les résultats de cette étude font ressortir que les athlètes ont subi les effets négatifs de la variable « étirement passif » et se sont montrés plus négatifs (compliants). Les résultats recueillis de la phase post-étirement (30m après : $4.74 \pm 0,17$ sec. , 40m après: $5.89 \pm 0,17$ sec.) En comparaison avec la phase pré-étirement (30m avant $4.52 \pm 0,16$ sec , 40m avant 5.78 ± 0.19) permette de dégager une différence significative. Ceci dénote que les étirements passifs prolongés ont tendance à détériorer les résultats lorsqu'ils sont placés en phase d'échauffement.

Il semble néanmoins nécessaire de faire une distinction entre les effets qui s'opèrent sur les facteurs nerveux et ceux qui touchent les facteurs mécaniques vu que les délais de récupération sont différents pour chacun d'eux. Ainsi, la tension passive du complexe musculo-tendineux diminue suite à une séance d'étirements ; cela correspond au fait qu'il faut moins de force externe pour provoquer l'allongement d'un muscle relâché lorsqu'on veut atteindre un angle donné. Les mêmes phénomènes ont été également observés au niveau de la force maximale concentrique mesurée après une séance d'étirements de type balistiques (Nelson, A. G., & Kokkonen, J., 2001c). Par conséquent, quelle que soit la technique utilisée, les effets négatifs sur la performance sont présents.

(McNeal JR, Sand WA , 2001) Ont fait faire à des gymnastes féminines (de niveau national) une série de 3 étirements statiques classiquement utilisés sur le terrain, durant 2 x 30 s (soit un total de 3' d'étirements), le tout avant de réaliser trois sauts en contre-bas à partir d'une caisse, suivi d'une impulsion (également appelé "drop-jump"). Ce type de saut rend compte de la façon dont le cycle étirement-détente est utilisé lors d'un exercice sollicitant la puissance musculaire. Les auteurs ont noté une diminution de 8% de la hauteur du saut (respectivement 0.268 m vs. 0.246 m sans vs avec étirements préalables, soit 2,2 cm de différence !) selon que l'on plaçait cette série d'étirements ou non avant ce test de puissance. Le temps passé en l'air était diminué de 9,6 % (McNeal JR, Sand WA, 2003). Ces résultats rejoignent ceux déjà cités de (Kokkonen, J., Nelson, A. G., and A. Cornwell, 1998), mais aussi ceux de (Cornwell, A.,

Nelson, A. G., & Sidaway, B, 2002) concernant la force maximale, mais montre un effet plus important (entre 4,3 et 4,4 % pour le saut en 1/2 squat et le saut avec un contre-mouvement).

De nombreux travaux ont aussi montré que les étirements passifs induisent une diminution aiguë de la capacité de production de force (Ian, Shrier , 2004) lors de contractions isométriques ((Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D, 2000); Kokkonen *et al.*, 1998; (Nelson A.G., Guillory I.K., Cornwell C., Kokkonen J I, (2001)); (Weir D.E., Tingley J., Elder G.C, (2005)) et dynamiques (Cornwell, A., Nelson, A. G., & Sidaway, B, 2002); (Cramer J.T., Housh T.J., Johnson G.O., Miller J.M., Coburn J.W., Beck T.W., 2004), (Cramer J.T., Housh T.J., Weir J.P., Johnson G.O., Coburn J.W., Beck T.W., (2005)) (Evetovich T.K., Nauman N.J., Conley D.S., Todd J.B., 2003); (Marek S.M., Cramer J.T., Fincher A.L., Massey L.L., Dangelmaier S.M., Purkayastha S., Fitz K.A., Culbertson J.Y, 2005); Nelson *et al.*, 2001; (Nordez A., Cornu C., McNair P.J , 2006)

Deux principales hypothèses ont été formulées pour expliquer la diminution de la production de force après les étirements (Cornwell *et al.*, 2002; Cramer *et al.*, 2004, 2005; Weir *et al.*, 2005). *i*) une diminution des niveaux d'activité électrique musculaire lors de contractions réalisées après étirements (Avela J., Kyrolainen H., Komi P.V. , 1999); Cramer *et al.*, 2005; Fowles *et al.*, 2000; Marek *et al.*, 2005).

Par exemple, Cramer *et al.* (2005) ont montré que le pic de couple et les niveaux d'activité électromyographiques de muscles étirés sont diminués lors de contractions réalisées à différentes vitesses. *ii*) Une modification des propriétés mécaniques des muscles, qui se traduirait par une diminution de la raideur des tissus conjonctifs (*e.g.* Cornwell *et al.*, 2002; Cramer *et al.*, 2005; (Gajdosik R.L. , 2001) Ces tissus contribuent à la transmission de la force produite par les tissus contractiles (Huijing P.A , 1999) Une diminution de leur raideur pourrait réduire l'efficacité de la transmission et donc induire une diminution de la production de force par l'ensemble musculo-tendineux (Wilson G.J., Murphy A.J., Pryor J.F, 1994)

Concernant la souplesse :

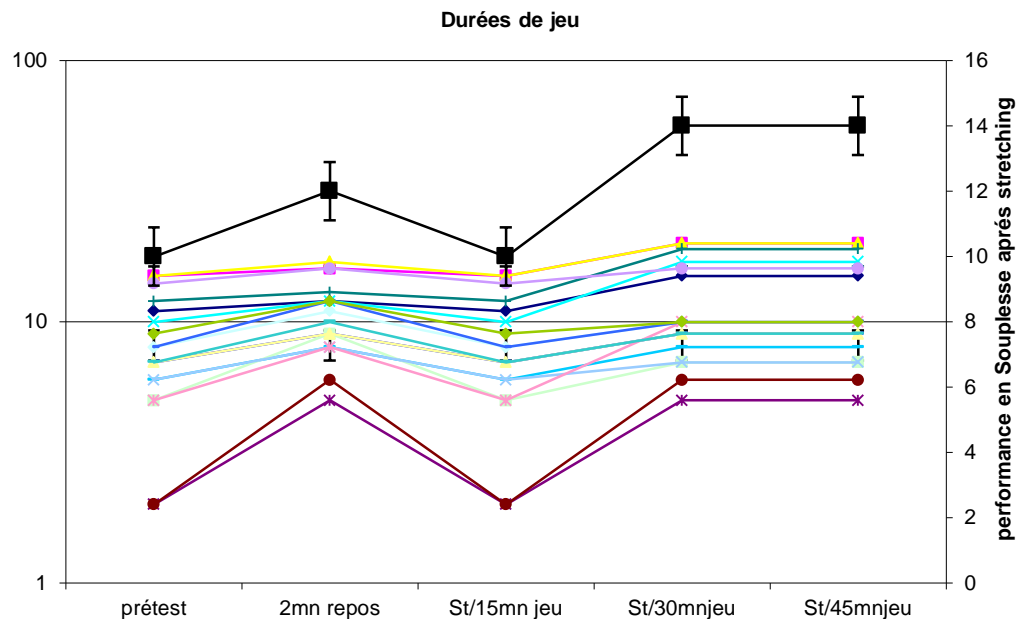
L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching .autrement dit ,les effets des étirements SP varie selon la durée du jeu .En D1, les SP ont causé l'amélioration de la performance en D1 ,cet effet commence à disparaître pendant la D2 puis elle rejoint la progression de nouveau jusqu'à la D4.cette variation des effets des ESP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances. Sachant que l'étirement est la meilleure method pour le développement de la souplesse.

Il a été confirmé par la littérature (voir chapitre 2) que le stretching est le meilleur moyen pour le développement de la soplesse ce qui explique l'amélioration enregistré en phase D1.

Durant la D2 une légère regression a été signalé et qui peut être logique en comparaison avec la progression de la vitesse. En D3 les joueurs ont retrouvé leurs équilibre physiologique entre raideur et compliance du complex musculo-tendineux qui traduit la progression de la performance en force et vitesse.

Les résultats (Nordez A., Cornu C., McNair P.J , 2006) ont montré que les étirements cycliques induisent une augmentation de la *RMA* en fin d'amplitude de mouvement et une tendance à la diminution au début de cette amplitude. Il ne semble donc pas que les modifications de propriétés mécaniques passives du CMA puissent expliquer la diminution de production de force à la suite d'étirements cycliques. Par ailleurs, ses résultats montrent que la diminution de *RMA* à la suite d'étirements statiques serait principalement expliquée par une augmentation de la longueur des muscles et que la raideur intrinsèque du système n'est pas

Figure n30 influence de l'interaction stretching statique passif x durée de jeu sur la performance en (Souplesse)



modifiée. Ces résultats ne permettent donc pas d'affirmer que la qualité de la transmission de la force musculaire est réduite après les étirements statiques. Néanmoins, cette augmentation de la longueur des muscles peut avoir une incidence sur la production de force du système puisque : *i)* La force musculaire totale est la somme d'une force produite par les tissus contractiles et d'une force produite par l'étirement des structures passives placées en parallèle des tissus contractiles (Francis GOUBEL ;Ghislaine LENSEL-CORBEIL, 2003) Les étirements induisent une diminution de la force produite par les structures parallèles, qui pourrait au moins partiellement expliquer la diminution de production de force maximale lors de contractions réalisées avec un niveau de pré-étirement important des muscles. *ii)* L'augmentation de la longueur des muscles pourrait induire un décalage vers la droite de la relation couple-angle obtenue en contraction. En effet, dans la littérature, les effets des étirements sur la production de force ont généralement été déterminés à un angle donné, ce qui n'a pas permis de déterminer les possibles implications d'un décalage de la relation couple-angle (Cramer, JT, Housh, TJ, Coburn, JW, Beck, TW,

and Johnson, GO, 2006). Ces deux hypothèses n'ont, à notre connaissance, pas été testées dans la littérature. Elles pourraient donc faire l'objet de futures études afin d'apprécier l'incidence de l'augmentation de la longueur des muscles étirés sur les capacités de production de force du système. Ses résultats permettent de mieux appréhender certains mécanismes qui sont mis en jeu lors d'un protocole d'étirements passifs cycliques ou statiques. Néanmoins, les effets de ses deux protocoles d'étirement ont été caractérisés immédiatement à la fin de ceux-ci.

Le temps pendant lequel les modifications induites par les étirements s'expriment n'a donc pas été étudié dans ses travaux. Certains auteurs ont montré que les modifications de propriétés mécaniques passives à la suite d'étirements sont annulées après un temps de repos inférieur à 10 minutes (Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Bojsen-Moller F, 1998). Il est donc possible que les modifications ne soient effectives qu'après une courte période suivant les étirements. Afin de mieux comprendre les effets des étirements passifs ainsi que leurs incidences pratiques, la présente étude s'est intéressée à caractériser la cinétique de ces effets sur les performances des footballeurs amateurs voir la persistance de ceux-ci durant différentes périodes de jeu

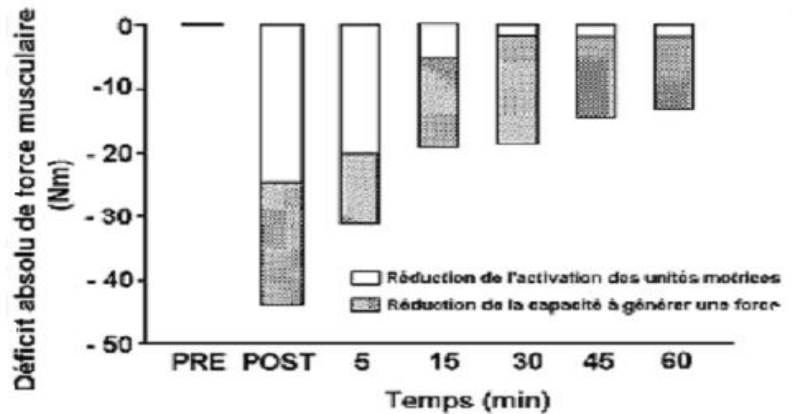
L'analyse *Post hoc* indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching .autrement dit ,les effets des étirements (SP) varie selon la durée du jeu .En D1, le SP a causé la deterioration de la performance ,cet effet commence à disparaître Durant la D2 jusqu'à la D3 pour se stabiliser en D4.Cette variation des effets du SP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets négatifs pour être transformer en effets positives sur la progression physiologique des joueurs. Sauf pour la Vitesse sur 10m ,dans la D2,le SP a manifesté plus d'effets par rapport à la Vitesse sur 30m ce qui explique que le SP agit négativement sur la performance dans les efforts bref de court durée(déjà signalé par la littérature précédente).De plus, Les tests de sprint des athlètes de piste très qualifiés de (Winchester, JB, Nelson, AG,

Landin, D, Young, MA, and Schenayder, IC, 2008) ont été réalisée 5 minutes après leur protocole d'étirement. Dans l'étude de (Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, Chamari K, Behm DG , 2010), les étirements statiques ont été suivie par 5-7 minutes d'activité dynamique spécifique au sport, récupération de 2 minutes et une répartition aléatoire des tests de sprint, d'agilité, et de saut qui auraient placé les tests de sprint pour certains participants environ 20 minutes après la procédure d'échauffement . Torres et al. (53) était d'accord en affirmant que le temps de 5 minutes ou plus après l'étirement peut permettre au corps de dissiper les effets négatifs. Par conséquent la baisse du volume des étirements statique et des périodes de récupération plus longues peut diminuer les déficiences induites par le stretching. Il a eu des preuves dans la littérature qui ont suggéré qu'une intensité sous maximale d'étirement ne peut pas produire de déficits induites par l'étirement (31,32,64).

Face à cette divergence sur la durée de persistance des effets négatifs du stretching passif, la présente étude qui confirme que le Stretching passif induit une déficiences de hauteur de saut (16,55,65,66) et temps de sprint (21,22,34,40), 2min de repos après un protocole d'échauffement incluant des étirements passif de 8 min , essayé de mettre l'accent sur la période durant laquelle les footballeurs amateurs participant dans cette étude pouvaient reprendre leurs propriétés musculo-tendineuses et neuro-musculaires, et voir la progression de la performance en fonction des durées de jeu.

On rejoint à cet effet les résultats de (Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D, 2000), ils ont demandé à des sujets de réaliser, pendant 30 min, des étirements passifs très longs (135 s), jusqu'au seuil maximal de douleur tolérable par le sujet, entrecoupés de pause (19 s). La contraction volontaire maximale a diminué de plus de 25 %. L'activation des unités motrices et la force contractile diminuèrent pendant les 15 minutes qui suivirent cette session. Par contre, l'effet sur la force musculaire persista **UNE HEURE** après la session.

Figure2 : Estimation des contributions de la diminution d'activation des unités motrices et de la capacité à générer une force au niveau des déficits de contraction maximale volontaire (CMV) après un étirement passif



(cumul de 30 min jusqu'au seuil de douleur tolérable). La CMV diminue de façon significative par rapport à la valeur initiale (PRE). Les valeurs post-étirements restent significativement inférieures aux valeurs initiales pendant AU MOINS une heure (D'après Fowles et coll., 2000).

Ces données indiquent que l'étirement prolongé d'un muscle diminue la force volontaire jusqu'à **UNE HEURE** après l'étirement, confirmant les observations de (Moller M, Ekstrand J, Oberg B, Gillquist J , 1985) qui ont eux aussi noté une augmentation de compliance du complexe musculo-tendineux pendant une durée de **90 MINUTES** après une séance d'étirements.

Il me semble donc important, après avoir évalué de façon réaliste les capacités des sujets en matière de force et de vitesse précédée d'étirement, de dire que quelque soit la méthode d'étirement utilisé elle est à déconseiller aux athlètes avant une épreuve exigeant de l'explosivité (force, vitesse, détente) « Par conséquent, quelle que soit la technique utilisée, les effets négatifs sur la performance sont présents ». (Nelson et Kokkonen, 2001c). , sauf les disciplines qui demande une grande amplitude et un grand degré de liberté de mouvement comme la gymnastique, le patinage artistique...etc. qui échappent à cette règle.

Nos résultats coincident avec l'Etude (Fletcher, I Mand Anness, R., 2007); ils ont conclue que: « les étirements passifs, mêmes combinés avec des étirements dynamiques augmentent le temps de la performance au 50m. Cela est du entre autre au fait qu'ils inhibent les muscles

agonistes et synergiques. Alors il est complètement déconseillé de prescrire des étirements de types statiques-passifs. »

De plus, il est possible que la performance soit détériorée par une capacité moindre d'emmagasiner l'énergie élastique par le système musculo-tendineux suite à un pré étirement. En effet, la quantité d'énergie élastique pouvant être emmagasinée dans le système musculo-tendineux dépend de la rigidité de ce dernier et du degré d'extension produit par une force imposée. Une rigidité optimale du système musculo-tendineux, maximiserait la quantité d'énergie élastique emmagasinée et réutilisable.

Finalement, le mécanisme neural impliqué lors d'un étirement peut avoir des effets néfastes sur la performance. Un de ces effets est l'inhibition de l'activité réflexe d'étirement due à un potentiel myoélectrique induit lors de la phase excentrique de l'étirement. Ce potentiel réduirait la force du réflexe d'étirement. Enfin, le pré étirement passif du muscle nuit à la réponse neuro-musculaire proprioceptive, notamment dans l'appareil de Golgi. Ce dernier inhibe le réflexe d'étirement dans le muscle étiré, synergique et collatéral lorsqu'une tension externe est générée.

En entraînement sportif de haut niveau, concrètement, cela signifie qu'un étirement passif peut avoir des impacts négatifs lors d'une épreuve nécessitant une grande puissance et force musculaires, particulièrement en football! Par exemple, dans tel cas, l'entraîneur pourrait éviter une période de pré étirement passif des muscles du genou et de la hanche afin de maximiser la vitesse lors du match. Cela pourrait sans doute contredire la perception générale qu'un étirement passif avant un exercice vigoureux est une pratique prudente.

Vérification de l'hypothèse 3

3-les effets négatifs des étirements passifs ne persistent pas au de la de 15mn.

Les valeurs de T calculées et démontrées sur le tableau n° indiquent une grande signification statistique au seuil $p < 0.05$ en faveur de la variable stretching qui avait un effet variable sur

les performances en comparaison avec la variable no stretching dans les différentes comparaisons. Les tests (avant stretching) et les tests (après stretching), pendant les deux phases de l'expérimentation (a et b) ont évalué de façon différente les transformations opérées dans les comportements des joueurs en qualité de force, vitesse et agilité. Autrement dit, les conclusions qu'on peut tirer à la suite de la phase « a » et la phase « b » permette de déduire que le stretching a donné une valeur différente aux résultats obtenues par les joueurs. ses valeurs varient en fonction des durées de jeu Deux outils ont donc servi à apprécier :

Le recoupement des résultats est la manifestation concrète des effets négatifs du stretching passif prolongé en fonction du temps sur la performance motrice en détente, sprint et agilité.

Bien que la majorité des études rapportent une déficience induite par l'étirement statique, il ya des études qui ont montré aucun déficit pour économie de course (27), le temps de sprint (55), et les performances de saut (42, 43,64). Néanmoins, Stretching Dynamique ou étirement balistique a été signalés pour améliorer les performances en puissance (38, 61,62), agilité (34,38), le temps de sprint (21), et le saut vertical (60). Alternativement, d'autres études n'ont rapporté aucun changement dans la MVC force (28), contre-mouvement, et baisse de saut en hauteurs (54) avec un DS avant. Par conséquent, la présente étude est en accord avec un certain nombre d'études dans la littérature sur les effets d'étirement préalable. L'absence de perturbations induites par l'étirement trouvé dans d'autres études peut être liée à un certain nombre de facteurs. y compris l'âge et le niveau de préparation du groupe testé, le volume et intensité du protocole d'étirement, et l'intervalle de récupération entre étirement et tests. Ces facteurs sont traités dans la discussion qui suit. Considérant qu'il existe un certain nombre d'études qui confirme que le Statique Stretching induit une déficiences de hauteur de saut (16,55,65,66) et temps de sprint (21,22,34,40), il est également prouvé que les athlètes de haut niveau sont plus résistants à ces déficits induites par le stretching. Petits and Williams (34) n'ont signalé aucun effet de l'étirement statique sur les temps de sprint des joueurs de football professionnels de haut niveau

masculins. L'économie de course des coureurs de demi-fond mâles (moyenne de 6 ans de formation) n'a pas été affectée par un statique avant ou Dynamique Stretching (27). En outre, les femmes bien entraînées ne subissent pas de perte de valeur significative dans saut vertical (54) ou le pic de couple ou puissance moyenne isocinétique (19) à la suite de l'étirement statique ou balistiques. Les deux Unick et al. (54) et Egan et al. (19) ont suggéré que les athlètes entraînés pourraient être moins sensibles aux déficits induits par les étirements que les non entraînés. Chaouachi et al. (15) ont constaté qu'après 6 semaines de formation, les participants entraînés en sprint plus stretching ont été plus résistants aux déficits induits par le stretching sur le sprint. Par conséquent, un programme d'entraînement basé sur le sprint et le stretching pour des jeunes de 13 -15 ans a diminué les effets néfastes de l'étirement statique comparés à un programme fondé sur le sprint seul. Dans ce contexte, il doit être noté que les joueurs amateurs participants à la présente étude ont été très qualifiés, qui pourraient aider à expliquer la non persistance d'effets observés. Les Changements signalés dans la compliance et l'activation musculaire pourrait nuire à la puissance et le temps de contact au sol. Des études ont rapporté deux baisses (37,52) et aucun changement (35,36) de la résistance passive ou la raideur de l'unité musculo-tendineuse (UMT) avec un effet aigu de l'étirement statique. Le changement de raideur d'UMT peut avoir un impact sur la transmission de forces et de la vitesse de transmission de force, qui sont des variables essentielles dans le sprint (18). Cependant, les recherches sur de l'effet du stretching statique avant la performance en sprint a été équivoque. (Winchester, JB, Nelson, AG, Landin, D, Young, MA, and Schenayder, IC, 2008) ont rapporté que quand l'étirement statique a été inclus avec un échauffement dynamique, il inhibe la performance de sprint des athlètes universitaires (20 ans). De même, (Fletcher, I Mand Anness, R., 2007) (21) ont signalé une baisse des performances de sprint chez des athlètes d'athlétisme (19 - à 20 ans) lors des étirements statiques (ES) qui ont été combinée avec ED. A l'inverse, **l'étirement statique n'a pas semblé nuire à la performance de sprint à grande vitesse chez des**

joueurs de football professionnels (34). (Vetter, RE , 2007) (55) met en œuvre une variété d'échauffement qui comprenait ED et étirements statiques routines dans un groupe hétérogène d'universitaires hommes et femmes. L'échauffement avec une composante d'étirement statique a un impact négatif sur les performances de saut, mais pas sur le temps des sprints. (Godges, JJ, Macrae, H, Longdon, C, and Tinberg, C, 1989) (25) et (Gleim, GW, Stachenfeld, NS, and Nicholas, JA, 1990) (24) avaient des sujets qui effectuent des étirements statiques avant les courses, ils ont signalé des résultats contradictoires avec l'amélioration et l'altération de l'efficacité énergétique , respectivement, lors des essais à la course à intensités sous-maximal. Considérant que Gleim et al. (24) utilisait des coureurs de haut niveau qui auraient probablement eu un temps de brefs de contact du pied, Le groupe de Godges (25) des coureurs récréatifs utilisés qui ont eu probablement un temps de contact avec le sol plus longs. Avec des muscles plus compilent , peut être bénéfique à la performance en augmentant la durée de stockage d'énergie pendant une durée plus prolongée du cycle étirement-raccourcissement. (Wilson, G, Elliot, B, and Wood, G, 1992). (58) des forces plus grandes signalées produites avec une presse rebond de la poitrine avec un pré-Stretching Statique qu'avec un non SS.

La durée de l'amortissement ou de la période de transition (temps de contact de la poitrine) aurait été sensiblement plus longue que le temps de contact du pied d'un sprinter d'élite. Ainsi, il y aurait un avantage associé à une plus longue période de stockage d'énergie au cours du cycle étirement-raccourcissement prolongé

. Bien que les joueurs participant à la présente étude ont été des athlètes amateurs, ils n'ont pas été formés spécifiquement comme sprinters. Leurs temps de sprint et donc leur temps de contact du pied peut être prolongée en comparaison avec les sprinters d'élite. La déficience en sprint peut être plus caractéristique des athlètes de haut niveau de sprint non formés (présente étude, [34]) par rapport aux inconvénients rencontrés par les sprinteurs confirmés (21,59). Comme pour l'étude de Godges et al. (25), qui a montré un effet bénéfique de l' étirement statique avec

des coureurs de loisirs adultes, les participants à la présente étude ont peut-être eu un temps de contact du pied qui aurait été facilitée ou non affecté par le pré-étirement pour améliorer le stockage et le transfert d'énergie.

La présente étude a révélé que les résultats des joueurs pendant les conditions de contrôle sans étirement mais y compris un échauffement aérobic général suivie d'exercices explosifs n'ont signalé aucune variation significative durant les quatre phases de jeu et ce pour tous les tests (sprint, sauts, agilité, souplesse et VMA). Tandis que statistiquement significative, les performances de la condition de contrôle étaient plus significante à la fin de la D1 (après 2 min de repos) qu'à la condition de stretching passif durant les sauts, les sprints, l'agilité et la VMA. Un échauffement a pour objectif commun d'augmenter la température des muscles en vue de l'exercice pour augmenter le taux métabolique ainsi que de tenter d'augmenter l'extensibilité musculaire (7).

L'échauffement peut entraîner diminution de la viscosité musculaire (48), des variables telles que l'augmentation de l'absorption de l'oxygène au cours de l'exercice qui suit (30), la vitesse de conduction des nerfs (50), la glycolyse (49), la performance anaérobie (51), et à la traction musculaire des résistances (45). Ainsi, les temps de sprint plus rapide dans la condition de contrôle peut être attribué à l'augmentation de la température musculaire sans l'intervention de l'étirement. Post activation potentialisation (PAP) peut être un facteur contribuant à la performance en sprint en condition de contrôle ainsi que l'absence de déficits induits par l'étirement de l'autre condition (46) Toutes les conditions expérimentales étaient non seulement un échauffement de style aérobic préliminaire mais aussi des actions dynamiques intenses et des contractions explosifs en sprints, agilité, sauts, bondissement et la (PAP) qui peuvent améliorer le développement de la force (3,46), la réaction et le temps de traitement (20), la hauteur de saut vertical, et la force explosive (26) et peut être induite par l'activité intermittente (1) et tous les trois types de contractions (concentrique, isométrique et excentrique) (2). Par conséquent, le déficit induit par le stretching passif attendu dans les mesures de course et de saut

(sur la base de la littérature précédente) peut avoir été compensée par l'effet de la Post activation potentialisation (PAP) par les sprints de haute intensité avant, la course d'agilité, les sauts et les bondissements. Le volume et le moment du stretching peut également être un facteur.

Aucune perte de valeur significative dans les performances de saut était rapportés avec un plus faible volume (2-4) séries de 15 seconds stretchings ou 2 minutes d'étirements à 90% d'intensité, respectivement) d'étirement statique (43,64). Bien que Winchester et al. (59) rapportaient une diminution de sprint induite après 10 minutes d'étirement, l'étude de Chouachi A et al (2010) avec 8 minutes d'étirement statique .D'autre études inclus des étirements et des courses de 4 (55) et 7 (53) minutes d'étirements n'ont pas montré des diminutions importantes de fonctionnement.

Young et al. (64) manipulaient le volume d'étirement dans une condition où les participants s'étiraient à 90% du POD. La sous-maximal intensité d'étirement des fléchisseurs plantaires a induit la diminution de la ROM (amplitude de mouvement) de 10% par rapport à l'angle atteint lorsque les sujets ont été étirés à la POD. Ils ont constaté que les deux minutes d'étirement statique à une intensité de 90% n'ont eu aucun effet sur la performance musculaire (augmentation des contractions concentrique et baisse des hauteurs de saut). (Knudson, D, Bennett, K, Corn, R, Leick, D, and Smith, C, 2001) (31). (Knudson, DV, Noffal, GJ, Bahamonde, RE, Bauer, JA, and Blackwell, JR, 2004) (32)Publié deux études (31,32) où les sujets ont été étirés à point juste avant l'inconfort. Aucune diminution significative de la performance n'a été montrée.

Dans une étude (31), il y avait une tendance à affaiblir les facultés en hauteur de saut verticale (3%), tandis que l'autre étude n'a rapporté aucun changement en vitesse du service au tennis (32). (Behm, DG and Kibele, A, 2007) (6) à l'inverse n'ont trouvé aucun déficit induit par le SS dans la performance de saut quand l'étirement à la POD, ainsi que lors de 50 et 75% du POD. Dans l'étude de Chouachi A et al (2010), il n'y avait pas d'effets avec soit intensité maximale ou sous-maximale étirement statique qui pourrait être attribuable à l'état des participants ou l'intervalle de récupération entre les étirements et les tests.

Contrairement à tous ce qu'a rapporté la littérature en matière de protocole expérimentale utilisé pour élucider d'une part les effets du stretching (statique, ,dynamique, passif, actif ,PNF) sur les performances en qualité de force (isométrique, concentrique, excentrique ou pliométrique) ;en vitesse (10m,20m,30m,40m,50m,100m) ;en agilité (pour les sport collectif) ; en souplesse pour différentes régions articulaires et même en endurance . D'autre part, tous ses tests d'évaluation ne reflètent pas vraiment les situations réelles du terrain .cependant ,la performance doit être évaluée durant des conditions de compétition pour donner un jugement objectif sur les altérations induites par le stretching, et sa persistance durant toutes les phases de jeu puisque plusieurs auteurs confirme cet état de fait comme (Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D, 2000), qui ont déduit que l'effet sur la force musculaire persista **UNE HEURE** après la session et (Moller M, Ekstrand J, Oberg B, Gillquist J , 1985) qui ont noté une augmentation de compliance du complexe musculo-tendineux pendant une durée de **90 MINUTES** après une séance d'étirements. La présente étude remet en question l'application de tels protocoles pour les épreuves de longues durées à caractère intermittent comme le football, le handball, le basketball, le volleyball...etc. Cela revient à dire qu'un test d'effort de courte durée n'est pas en mesure de concrétiser les effets du stretching et ses interactions avec la durée de l'épreuve. Dans se contexte, nos résultats ont donné une interprétation précoce du phénomène en attendant que des études ultérieures pourront les confirmés.

Contrairement à d'autre étude, la variation des effets de la présente étude peut être attribuée à niveau de préparation des participants, le volume d'étirement, ou l'intervalle de récupération entre les étirements et les tests. Il y avait des effets variablement significatifs de séquençage du stretching passif sur la performance qui suit.

APPLICATIONS PRATIQUES

Sur la base de la présente étude et des études antérieures, le stretching passif peut être mis en œuvre avant la compétition s'il est précédé par un échauffement aérobic qui augmente la température des muscles et suivi par des activités dynamiques ou explosives intenses. Etant donné que la littérature n'est pas unanime, les athlètes doivent être prudents quand le stretching passif est placé avant une compétition. le stretching passif avant une compétition ne peut pas être une nécessité aussi importante que l'échauffement aérobic qui a été montré seul d'augmenter l'amplitude articulaire (ROM) (Young, Wand Behm, D, 2002)(63) dans la présente étude après 15min de jeu (Dj2) comme d'autres études, il améliore les performances (Young et al 2002) (63). Bien que notre étude n'a pas révélé d'altérations durables avec le stretching passif à la POD, il faut être conservateur, du point de vue de la performance, l'étirement statique devrait être réalisée avec moins de tension maximale (au-dessous POD) sur le muscle). (Knudson, D, Bennett, K, Corn, R, Leick, D, and Smith, C, 2001) (31). (Knudson, DV, Noffal, GJ, Bahamonde, RE, Bauer, JA, and Blackwell, JR, 2004) (32), (Young, W, Elias, G, and Power, J, 2006)(64), de courte durée (inférieure à 30 seconde), un faible volume (moins de 6 répétitions (Robbins, JWand Scheuermann, BW, 2008)(43) ou 60 secondes par muscle) et de fournir une récupération prolongée entre la période de stretching passif et la performance 5 minutes (Torres, EM, Kraemer, WJ, Vingren, JL, Volek, JS, Hatfield, DL, Spiering, BA, HO, JY, Fragala, MS, Thomas, GA, Anderson, JM, Hakkinen, K, and Maresh, CM, 2008)(53). Qui ont indiqué qu'une période de 5 min ou plus après un stretching peut permettre à l'organisme de dissiper tous les effets négatifs (Brandenburg J, Pitney WA, Luebbers PE, 2007) ont examiné les effets du stretching sur les performances en contre movement jump, ils ont trouvé que la performance commence à être affectée après le stretching statique jusqu'à 24minutes.

Conclusion générale et recommandations :

Pendant longtemps, une croyance populaire établissait que les étirements passifs pré-entraînement pouvaient augmenter les performances et même prévenir les blessures lors d'activités sportives quelconque. Cependant, de nouvelles recherches expérimentales démontrent que ceci n'est pas le cas, et que les étirements passifs peuvent même devenir un handicap durant les performances sportives nécessitant une force ou une puissance musculaire maximales comme les sports collectifs qui sont devenus des épreuves exigeant une grande capacité de force et de vitesse. De nombreuses recherches démontrent que les étirements passifs créent une diminution de force en phase concentrique, et une diminution de puissance musculaire des membres inférieurs.

Cependant, les résultats en laboratoire ne peuvent pas toujours directement prédire les effets sur les performances sportives en milieux pratiques. Nous avons donc voulu déterminer si les impacts négatifs ou positifs des étirements pré-entraînement étaient applicables aux sports impliquant de l'impulsion.

Lors du efforts en football, une force explosive est requise au commencement de chaque action,. La performance, lors de cette activité, peut donc être négativement ou positivement influencée tout au long de la course. De ce fait, l'objectif principal de cette recherche était de déterminer si les étirements passifs pré-entraînement nuisent à la performance du footballeur.

Les résultats les plus marquants ont été remarqués entre le protocole de non étirement et le protocole d'étirement. Afin de mieux comprendre les effets des étirements passifs ainsi que leurs incidences pratiques, la présente étude s'est intéressée à caractériser la cinétique de ces effets sur les performances des footballeurs amateurs voir la persistance de ceux-ci durant différentes périodes de jeu

L'analyse Post hoc indique qu'il y a un effet autant significatif dans les quatre durées de jeu en fonction du stretching .autrement dit ,les effets des étirements (SP) varie selon la durée du

jeu .En D1, le SP a causé la deterioration de la performance ,cet effet commence à disparaitre Durant la D2 jusqu'à la D3 pour se stabilizer en D4.Cette variation des effets du SP s'explique par l'influence des durées de jeu sur l'amélioration des performances et la disparition des effets négatifs pour être transformer en effets positives sur la progression physiologique des joueurs. Sauf pour la Vitesse sur 10m ,dans la D2,le SP a manifesté plus d'effets par rapport à la Vitesse sur 30m ce qui explique que le SP agit négativement sur la performance dans les efforts bref de court durée(déjà signalé par la littérature précédente).De plus, Les tests de sprint des athlètes de piste très qualifiés de (Winchester, JB, Nelson, AG, Landin, D, Young, MA, and Schenayder, IC, 2008) ont été réalisée 5 minutes après leur protocole d'étirement. Dans l'étude de (Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, Chamari K, Behm DG , 2010), les étirements statiques ont été suivie par 5-7 minutes d'activité dynamique spécifique au sport, récupération de 2 minutes et une répartition aléatoire des tests de sprint, d'agilité, et de saut qui auraient placé les tests de sprint pour certains participants environ 20 minutes après la procédure d'échauffement . Torres et al. (53) était d'accord en affirmant que le temps de 5 minutes ou plus après l'étirement peut permettre au corps de dissiper les effets négatifs. Par conséquent la baisse du volume des étirements statique et des périodes de récupération plus longues peut diminuer les déficiences induites par le stretching.

Les résultats s'expliquent par un mécanisme mécanique et neural. Le système musculaire et tendineux deviennent moins rigides suite à un étirement et nuisent aux propriétés contractiles et élastiques du muscle. En effet, une rigidité accrue du système contribuerait à un plus grand allongement de la composante élastique (tendons, ligaments, os) et à une meilleure vitesse de raccourcissement de la composante contractile (muscle) à l'effort.

De plus, il est possible que la performance soit détériorée par une capacité moindre d'emmagasiner l'énergie élastique par le système musculo-tendineux suite à un pré étirement.

En effet, la quantité d'énergie élastique pouvant être emmagasinée dans le système musculo-tendineux dépend de la rigidité de ce dernier et du degré d'extension produit par une force imposée. Une rigidité optimale du système musculo-tendineux, maximiserait la quantité d'énergie élastique emmagasinée et réutilisable.

Finalement, le mécanisme neural impliqué lors d'un étirement peut avoir des effets néfastes sur la performance. Un de ces effets est l'inhibition de l'activité réflexe d'étirement due à un potentiel myoélectrique induit lors de la phase excentrique de l'étirement. Ce potentiel réduirait la force du réflexe d'étirement. Enfin, le pré étirement passif du muscle nuit à la réponse neuro-musculaire proprioceptive, notamment dans l'appareil de Golgi. Ce dernier inhibe le réflexe d'étirement dans le muscle étiré, synergique et collatéral lorsque une tension externe est générée.

En entraînement sportif de haut niveau, concrètement, cela signifie qu'un étirement passif peut avoir des impacts négatifs lors d'une épreuve nécessitant une grande puissance et force musculaires, particulièrement en sprint! Par exemple, dans tel cas, l'entraîneur pourrait éviter une période de pré étirement passif des muscles du genou et de la hanche afin de maximiser la vitesse lors du sprint. Cela pourrait sans doute contredire la perception générale qu'un étirement passif avant un exercice vigoureux est une pratique prudente.

Il faut cependant souligner que Les tests (avant stretching) et les tests (après stretching), pendant les deux phases de l'expérimentation (a et b) ont évalué de façon différente les transformations opérées dans les comportements des joueurs en qualité de force, vitesse et agilité. Autrement dit, les conclusions qu'on peut tirer à la suite de la phase « a » et la phase « b » permette de déduire que le stretching a donné une valeur différente aux résultats obtenues par les joueurs. ses valeurs varient en fonction des durées de jeu Deux outils ont donc servi à apprécier :

Le recoupement des résultats est la manifestation concrète des effets négatifs du stretching passif prolongé en fonction du temps sur la performance motrice en détente, sprint et agilité.

L'une des vocations de la recherche est de questionner les croyances de longue durée, les mythes et les traditions. A l'heure actuelle, certaines pratiques de terrain n'ont toujours pas été validées par des études scientifiques où l'on compare de façon objective deux groupes d'individus dont l'un sert de groupe contrôle pour vérifier les effets réels de telle ou telle technique. Les étirements n'échappent à cet état de fait. D'aucun les considère comme efficaces en ne s'appuyant que sur des connaissances a priori et sur des idées reçues ou transmises dans ou hors des circuits de formation soit par les formateurs, soit par les entraîneurs, soit par les sportifs eux-mêmes (résultat d'une mauvaise formation ou information ou de l'absence de remise en cause de nos propres compétences et connaissances). Ces croyances ne font que freiner la diffusion ou l'utilisation de techniques d'entraînement qui vont à l'opposé de ce qui est actuellement fait sur le terrain et dont l'efficacité a pourtant été démontrée objectivement. Aujourd'hui encore, la spéculation triomphe sur les données. L'analyse de publications plus ou moins récentes, traitant des effets des étirements sur la performance et sur la prévention des risques de blessures, n'échappe pas à cette règle. Plusieurs faits intéressants en émergent et la plupart vont à l'encontre de ces pratiques de terrain considérées comme « efficaces ».

Les étirements réalisés pendant l'échauffement, avant une séance d'entraînement, ou pire, avant une compétition, induisent des modifications immédiates de la fonction musculotendineuse qui peuvent nuire à la performance sportive. Ceux-ci ont apparemment un effet inverse à celui supposé ou désiré. Ceci est valable uniquement pour l'entraînement qui suit et non pour l'entraînement à long terme. En effet, un programme d'étirements durant 3 à 12 semaines améliore la force des extenseurs des genoux tout autant que leur souplesse (Dintiman 1964(), Kokkonen et al. 1995(), Worrel et al. 1994().

Par contre, il semblerait également qu'ils ne permettent pas de diminuer les risques de blessure surtout dans les phases initiales d'un nouvel apprentissage, d'une augmentation d'intensité d'entraînement ou durant un programme de renforcement musculaire à dominante

excentrique. Ils n'ont donc pas les effets soi-disant "bénéfiques" qu'on leur reconnaît en particulier dans ces phases d'entraînement. Par exemple, dans la phase initiale d'un apprentissage, que l'on fasse ou non des étirements n'empêchera pas l'apparition des courbatures compte tenu des nouvelles contraintes imposées l'organisme au niveau moteur et/ou énergétique qui sont pour le moins inhabituelles. Mais cela ne remet en rien en cause leur efficacité une fois cette période terminée.

Par contre, leurs effets sont tels qu'il est plutôt conseillé de les utiliser comme technique de récupération post-exercice, sauf si le risque d'apparition de courbatures à l'issue de la séance est faible. Dans le cas contraire, on exposerait l'athlète à un ralentissement des processus de régénération musculaire mis en oeuvre dès les premières heures qui suivent la séance à l'origine de ces traumatismes (Philips, 2000)(). La fonction musculaire ne sera pas alors dans la possibilité de retrouver aussi rapidement que prévu ses capacités maximales.

C'est en ayant conscience de ces différents problèmes que les étirements pourront répondre parfaitement aux attentes des sportifs et de leurs entraîneurs.

Cette prise de conscience passe par la compréhension :

- 1°) des phénomènes de réaction et d'adaptation du muscle à l'entraînement et
- 2°) des différents types d'effets (immédiats et à long terme) que provoquent les étirements sur le système musculo-tendineux.

Dans les deux cas, nous ne sommes pas encore au bout de nos surprise à en croire les résultats rapportés par certains concernant le recul du seuil de douleur pendant l'entraînement de la souplesse Il reste, malgré tout, beaucoup de zones d'ombre concernant ces effets, notamment en ce qui concerne la compréhension des mécanismes qui entrent en jeu et qui permettraient d'expliquer pourquoi on observe une baisse de performance en force/puissance/vitesse suite à une session d'étirements. Des études supplémentaires sont donc nécessaires avant de proposer des lignes directrices pour l'entraînement et qui seraient issues d'un consensus général entre les physiologistes sur ce thème (Gleim et McHugh, 1997).

Pour l'heure, force est de constater que nous ne devons surtout pas considérer pour acquis les pratiques transmises par nos entraîneurs ou nos formateurs, ou transmises dans les manuels d'entraînement. L'entraîneur doit être à même de faire une remise en cause quasi permanente de ses connaissances pour s'assurer que son action sur le terrain est réellement bénéfique à plus ou moins long terme pour la performance, et surtout réalisée dans le respect de l'intégrité physique du sportif.

Les recommandations :

Nous apportons ici quelques recommandations qui nous paraissent intéressantes : - nous pouvons affirmer, suite aux différentes études et recherches pour connaître les effets des étirements sur l'effort physique que :

Des séances de stretching peuvent s'inscrire dans un programme de lutte contre les rétractions et de rééquilibrage musculaire. Seulement, elles doivent se tenir à distance des autres entraînements, d'un match ou d'une compétition

Les étirements ne doivent pas être bannis du processus d'entraînement mais doivent se fonder au sein de celui-ci comme une véritable séquence de travail qui permettra d'augmenter l'amplitude articulaire tout en améliorant la compliance tendineuse donc l'absorption d'une quantité d'énergie supérieure. Le sportif et/ou l'entraîneur devra donc veiller à limiter les effets négatifs que peuvent engendrer la pratique des étirements tout en maximisant ses effets positifs.

- Eviter les étirements avant une séance d'entraînement car ils entraînent une baisse de force
- Si vous pratiquez des étirements avant le corps de votre séance (la partie intense de l'entraînement) faites les précéder d'une phase d'échauffement dynamique (ligne droite).
- Ne pas pratiquer d'étirements après une séance intense dont on sait qu'elle va engendrer des courbatures.
- Ne pas étirer un muscle courbaturé au risque d'augmenter les lésions.

- Les étirements pourront être pratiqués après des séances non traumatisantes comme la natation, le vélo ou le footing lent sur terrain plat et souple.
- Insérer des séances d'assouplissement au sein de votre programme d'entraînement afin d'augmenter votre amplitude articulaire.

IL existe nombre de controverses sur l'utilisation et les effets des étirements dans le domaine sportif. La distinction et l'appropriation des différents exercices (assouplissements et étirements), ainsi que la connaissance des méthodes (actives & passives) utilisées et des effets qu'elles provoquent démontrent les bienfaits de pratiquer les étirements dans différentes approches.

« De nombreuses vertus ont été attribuées au stretching et en particulier dans le domaine sportif, les croyances ont été à la base de l'Intégration systématique des étirements dans la préparation physique des sportifs. Il s'agit de reconsidérer non pas les techniques mais les conditions d'application dans lesquelles les exercices peuvent être réalisés ».

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Alexandre Dellal. (2008). *de l'entraînement à la performance en football*. Bruxelles: Ed de Boeck université.
- [2] Alter M. J. (1996). *Science of flexibility*. Champaign.
- [3] Avela J., Kyrolainen H., Komi P.V. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol*, 86(4), 1283-1291.
- [4] Balsom, P., Soderlund, K., et Ekblom, B. (1994). Creatine in humans with special references to creatine supplementation. *Sports Medicine*, 18, 268-280.
- [5] Balsom, P., Soderlund, K., Sjodin, B., Ekblom, B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1154, 303-310.
- [6] Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L., Saltin, B. (1994). Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: impact of light exercise. *J. Appl. Physiol.* 77, 1890-1895.
- [7] Bazett-Jones, D, Holmes, W., and Dugan, E. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration acceleration on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 144-150.
- [8] Behm, DG and Kibele, A. (2007). Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur JAppl Physiol* 101, 587-594.
- [9] Billat, V. (1998). *Physiologie et méthodologie de l'entraînement – De la théorie à la pratique*. Paris, France: De Boeck universite.
- [10] Brandenburg J, Pitney WA, Luebbers PE. (2007). Time course of changes in vertical jumping ability after static stretching. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2, 170-181.
- [11] Bricki A., Dekkar N. (1989, no 8). Validité de la course de 5 minutes pour l'estimation de VO2 max chez le coureur a pied. *Science et Motricité*, 31-37.
- [12] Carminati, Y. and Di Salvo, V. (2003). *L'allenamento della velocita nel calciatore*. Perouse, Italie: Eds Calzetti Mariucci.
- [13] Cazorla, G., Petibois, C., Bosquet, L., Léger, L. (2001). Lactate et exercice. *mythes et réalités, STAPS*, 54, 63-76.
- [14] Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, Chamari K, Behm DG. (2010). Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility,

sprinting, and jumping performance in trained individuals. *J Strength Cond Res* 24 , 2001–2011.

[15] Christian Saint-Blanquat, Marc Vernel. (1996). « *Les étirements en pratique sportive* » (éd. Edition CHIRON).

[16] Church et coll. (2001) Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. (2001, Aug). Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *Journal Strength Conditioning Research* 15(3) , 332-6.

[17] COMETTI Gilles. (2004). les limites du stretching pour la performance sportive ,1^{ère} partie,. Intérêt des étirements avant et après la performance. *revu UFRSTAPS Dijon* .

[18] Cometti, G. (2001). La préparation physique en football. *centre d'expertise de la performance* .

[19] Cornwell, A., Nelson, A. G., & Sidaway, B. (2002). Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol*, 86 , 428-434.

[20] Cramer J.T., Housh T.J., Johnson G.O., Miller J.M., Coburn J.W., Beck T.W. (2004). Acute effects of static stretching on peak torque in women . *J Strength Cond Res*, 18(2) , 236-241.

[21] Cramer J.T., Housh T.J., Weir J.P., Johnson G.O., Coburn J.W., Beck T.W. ((2005)). The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol*, 93(5-6) , 530-539.

[22] Cramer, JT, Housh, TJ, Coburn, JW, Beck, TW, and Johnson, GO. (2006). Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J Strength Cond Res* 20 , 354–358.

[23] Dellal, A., Chamari, K., Impellizzeri, F., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., Keller, D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *Journal of Strength Conditional Research* 22(5) , 1449-57.

[24] DeVries, H. A. (1963). The "looseness" factor in speed and O₂ consumption of an anaerobic 100-yard dash. *Research Quarterly*, 34(3) , 305-313.

[25] Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., et al. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28 , 222-227.

[26] Dintiman GB. (1964). Effects of various training programs on running speed. *Res. Quaterly*35 , 456-463.

- [27] Ekblom.B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Med.* 1986; 3 , 50-60.
- [28] Evans W. J., Cannon J. G. (1987). The metabolic effect of exercise-induced muscle damage. *Exercise and sport science reviews* , 99-125.
- [29] Evetovich T.K., Nauman N.J., Conley D.S., Todd J.B. (2003). Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *J Strength Cond Res*, 17(3) , 484-488.
- [30] Fletcher, I Mand Anness, R. (2007). The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res* 21: , 784–787.
- [31] Fowles, J.R., Sale, D.G., & MacDougall, J.D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *Journal of Applied Physiology*, 89 , 1179-1188 .
- [32] Francis GOUBEL ;Ghislaine LENSEL-CORBEIL. (2003). *Biomécanique Éléments de mécanique musculaire/ (2ème édition)*. Paris: ELSEVIER / MASSON ,Collection STAPS : 10.
- [33] Friden J., Lieber R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 24, 5 , 521-530.
- [34] G.Cazorla. (2006, novembre 17). évaluation physique et physiologique du footballeur et orientation de sa préparation physique. bordeaux, université de bordeaux, france.
- [35] Gajdosik R.L. . (2001). Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech*, 16(16) , 87-101.
- [36] Garry JP, McShane MD. (2000). Postcompetition elevation of muscle enzyme levels in professional football players. . *Medscape General Medicine*; 2(1).
- [37] Gerrett, W.E . (1996). Am. Muscle strain injuries. *J. Sports Med.*, 24 .
- [38] Gilles Cometti. (2003). Les limites du stretching pour la performance sportive : les effets physiologique des étirements . *Sport Med n°150* .
- [39] Gleim, GW, Stachenfeld, NS, and Nicholas, JA. (1990). The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *J Orthop Res* 8 , 814–823.
- [40] Godges, JJ, Macrae, H, Longdon, C, and Tinberg, C. (1989). The effects of two stretching procedures on the economy of walking and jogging. . *J Orthop Sports Phys Ther* 7 , 350–357.
- [41] Guissard N, Duchateau J, Hainaut K. (2001). Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. *Exp Brain Res* ;137(2) , 163–169.
- [42] Guissard N,Duchateau J, Hainaut K. (1988). Muscle stretch and motoneuron excitability . *Euro.J. Appl. Physiol*,58 , 47-52.

- [43] Guissard.N, Duchateau.J . (2004). Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantarflexor muscles. *Muscle Nerve* 29(2) , 248–255.
- [44] Hagbarth KE, Hagglund JV, Nordin M, Wallim EU . (1985). Thixotropic behavior of human finger flexor muscles with accompanying changes in spindle and reflex responses to stretch. *J.physio.*368 , 323-342.
- [45] Halilhodžić, V. (2007, juin). football. (I. j. l'équipe, Intervieweur)
- [46] Händel M,Horstmann T, Dickhuth HH, Gulch RW. (1997). Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes . *Eur. J. Appl. Physiol*, 76 , 400-408.
- [47] Hayes, PR and Walker, A. (2007). Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. *J Strength Cond Res* 21 , 1227–1232.
- [48] Henning E., Podzielny S. (1994). Die Auswirkung von dehn – und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung . *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 45 , 253-260.
- [49] Henricson AS, Fredriksson K, Persson I, et al. (1984). The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *J Orthop Sports Phys Ther* , 110-115.
- [50] Herda, TJ, Cramer, JT, Ryan, ED, Mchugh,MP, and Stout, JR. (2008). Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque,electromyography and mechanomyography of the biceps femoris muscle. . *J Strength Cond Res* 22 , 809–817.
- [51] Huijing P.A . (1999). Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. *J Biomech*, 32(4) , 329-345.
- [52] Ian, Shrier . (2004). Does Stretching Improve Performance?A Systematic and Critical Review of the Literature . *Clin J Sport Med* ,14 , 267–273.
- [53] Ian, Shrier . (2004). Does Stretching Improve Performance?A Systematic and Critical Review of the Literature . *Clin J Sport Med* ,14 , 267–273.
- [54] Ichinose Y, Kanehisa H,Ito M, Kawakami Y, Fukunaga T. (1998). Morphological and functional differences in the elbow extensor muscle between highly trained male and female athletes . *Eur. J. Appl. Physiol.*78 , 109-114 .
- [55] J., Alter M. (1996). *Science of flexibility* . USA: Champaign.
- [56] Knudson, D, Bennett, K, Corn, R, Leick, D, and Smith, C. (2001). Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *J Strength Cond Res* 15 , 98–101.
- [57] Knudson, D, Bennett, K, Corn, R, Leick, D, and Smith, C. (2001). Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *J Strength Cond Res* 15 , 98–101.

- [58] Knudson, DV, Noffal, GJ, Bahamonde, RE, Bauer, JA, and Blackwell, JR. (2004). Stretching has no effect on tennis serve performance. *J Strength Cond Res* 18 , 654–656.
- [59] Kokkonen J , Lauritzen S. (1995). Isotonic strength and endurance gains through PNF stretching. . *Med. Sci. Sports Exerc* , 27,S 22.
- [60] Kokkonen, J., Nelson, A. G., & Arnall, D. A. (2001). Acute stretching inhibits strength endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), Supplement abstract 53 .
- [61] Kokkonen, J., Nelson, A. G., and A. Cornwell. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport* vol 69, no 4 , 411-415.
- [62] Kubo K, Kanehisa H and Fukunaga T. (2002 Feb). Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* ;92(2) , 595-601.
- [63] Kubo K,Hiroshi K, Fukunaga T. (2003). Gender differences in the viscoelastic properties of tendon strictures . *Eur. J. Appl.Physiol*, 88 , 520-526.
- [64] Lakie M et Robson L . (1988 a). Thixotropic changes in human muscle stiffness and the affects of fatigue. *Q. J. Exp. Physiol.* 73 , 487-500.
- [65] Lakie M et Robson L . (1988 b). Thixotropy: The effects of stretch size in relaxed frog muscle. *Q. J. exp. physiol*, 73 , 127-129.
- [66] Lally, D. A . (1994). Stretching and injury in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(5), Supplement abstract 473 .
- [67] Little, TandWilliams, AG. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 20 , 203–207 .
- [68] Lund H, Vestergaard-Poulsen P, Kanstrup IL, Sejrsen P. (1998). Isokinetic eccentric exercise as a model to induce and reproduce pathophysiological alterations related to delayed onset muscle soreness. *Scand J Med Sci Sports.* 8(4) , 208-215.
- [69] Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Bojsen-Moller F . (1998). A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *Int.J.Sport Med*, 19 , 310-316.
- [70] Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. (1996b). A mecanism for altered flexibility in human skeletal muscle. . *J. Physiol.* 1996, 497 , 291-298.
- [71] Magnusson, SP., Simonen, EB., Aagaard, P., Boesen, J., Johannsen, F. and Kjaer, M . (1997). Determinants of musculoskeletal flexibility : viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 7 , 195-202.

- [72] Marek S.M., Cramer J.T., Fincher A.L., Massey L.L., Dangelmaier S.M., Purkayastha S., Fitz K.A., Culbertson J.Y. (2005). Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Athl Train*, 40(2) , 94-103.
- [73] Masterovoï Liev. (septembre 1964). la mise en train : son action contre les accidents musculaires. traducteur M. Spivak. *Liepkaya Atletika N° 9 Document INS N°560* .
- [74] McHugh, MP., Connelly, DAJ., Eron, RG., Kremenic, IJ., Nicholas, SJ. and Gleim, GW. (1999). The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. *Am. J. Sports Med.*, 27 , 594-599 .
- [75] McNeal JR, Sand WA . (2001). Static stretching reduces power production. *In Gymnasts technique*, 21 , 5-6.
- [76] McNeal JR, Sand WA. (2003). Acute static stretching reduces lower extremity power in trained children . *Pediatr. Exerc. Sci.*15 , 139-145.
- [77] Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. and Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effects of re-warm-up at half time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 15 , 136-143.
- [78] Mokkedes .M I ; Bengoua .A . (2011). Effet immédiat des étirements prolongés sur la performance sportive en sprint . *J. le défi,Oum bouaghi*, 4 , 37-49.
- [79] Moller M, Ekstrand J, Oberg B, Gillquist J . (1985). Duration of stretching effect on range of motion in lower extremities. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 66 , 171-173.
- [80] N. Gleeson, R. Eston, V. Marginson, M. McHugh. (2003). Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage . *Br J Sports Med* ;37 , 119-125.
- [81] Nelson A.G., Guillory I.K., Cornwell C., Kokkonen J I. ((2001)). Inhibition of maximavoluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific . *J Strength Cond Res*, 15(2) , 241-246.
- [82] Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2001c). Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance., . *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72 , 415 – 419.
- [83] Nelson, A. G., Driscoll, N. M., Landin, D. K, Young, M. A. , & Schexnayder, I.C. ((2005)). Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance . *Journal of Sports Sciences*,; 23(5) , 449 – 454.
- [84] Nelson, AG., Allen JD., Cornwell A., and Kokkonen J. (2001a). Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific . *Res Q Exerc Sport*,72 , 68-70.

- [85] Nelson, AG., Guillory, IK., Cornwell, C. and Kokkonen, J. (2001b). Inhibition of maximal voluntary isometric torque production following stretching in velocity-specific. *J. Strength Cond. Res*, 15, 241-246.
- [86] Nelson, AG., Kokkonen, J., Eldredge, C., Cornwell, A. and Glickman-Weiss, E. ((2001d)). Chronic stretching and running economy. *Scand. J. Med. Sports*, 11, 260-265.
- [87] Newton PO, Woo SL, Mackenna DA, Akeson WH. (1995). Immobilisation of the knee joint alters the mechanical and ultrastructural properties of the rabbit anterior cruciate ligament. *L. Orthop. Res*. 13, 191-200.
- [88] Nordez A., Cornu C., McNair P.J. (2006). Acute effects of static stretching on passive stiffness of the hamstring muscles calculated using different mathematical models. *Clinical Biomechanics*; 21(7), 755-60.
- [89] Pascal Prévost. (2005). Techniques d'amélioration de la souplesse (physiologie et biomécanique de la performance motrice). *Sciensport*©, 7-17.
- [90] Philippe Baudoin. (2014, 03 20). *Les étirements : comment les pratiquer ?* Consulté le 03 20, 2014, sur Sport Passion - Conseils et entraînement: www.sport-passion.fr/conseils/etirements-pratique.php#types
- [91] Pope, R. P., Herbert, R. D., & Kirwan, J. D. (1998). Effects of flexibility and stretching on injury risk in army recruits. *Australian Journal of Physiotherapy*, 44, 165-172.
- [92] Pope, R. P., Herbert, R. D., Kirwan, J. D., & Graham, B. J. (2000). A randomized trial of pre exercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 271-277.
- [93] POULAIN P, PERTUZON E. (1988). Etude comparative des effets de trois méthodes de musculation sur les propriétés contractiles et élastiques du muscle. *Annales de kinésithérapie* ; 15 (4).
- [94] POUSSON M. (1990). *Effets de différents types d'entraînement sur la biomécanique des fractions passives et actives de l'élasticité-série*. Compiègne: Thèse Université de Technologie,.
- [95] Power, K, Behm, D, Cahill, F, Carroll, M, and Young, W. (2004). An acute bout of static stretching: Effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 36, 1389-1396.
- [96] Proske V, Morgan DL, Gregory JE. (1983). Thixotropy in skeletal muscle spindles. *A review. Prog. Neurobiol*, 41, 705-721.

- [97] Rampinini, E., Impellizzeri, F., Castagna, D., Abt, G.A., Chamari, K., Sassi, A. and Marcora, M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences* 25 , 659-666.
- [98] Robbins, JW and Scheuermann, BW. (2008). Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 22: , 781–786.
- [99] Shellock, F. G. & Prentice, W. E . (1985). . Warming up and stretching for improved physical performance and prevention of sports related injuries. *Sports Medicine*, 2 , 267-268.
- [100] Shrier, I. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury. *A critical review of the clinical and basic science literature. Clin. J. Sports Med*, 9 , 221- 227.
- [101] Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: To stretch or not to stretch. A brief review . *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 19 , 12-17.
- [102] Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., and Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine* 35(6) , 501-536.
- [103] Sylvain alain monkam tchokonté. (2011). *Évolution du football et conséquences sur l'entraînement et la préparation physique : application à l'étude des incidences des jeux-réduits sur les adaptations des joueurs*. France: université de Strasbourg.
- [104] Taylor BF, Waring CA, Brashear TA. (1995). The effects of therapeutic application of heat or cold followed by static stretch on hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther* ;21(5) , 283-286.
- [105] Torres, EM, Kraemer, WJ, Vingren, JL, Volek, JS, Hatfield, DL, Spiering, BA, HO, JY, Fragala, MS, Thomas, GA, Anderson, JM, Hakkinen, K, and Maresh, CM. (2008). Effect of stretching on upper body muscular performance. . *J Strength Cond Res* 22 , 1279–1285.
- [106] Ullrich. K, Gollhofer. A. (1994). Physiologische Aspekte und Effektivität unterschiedlicher Dehnmethode. *Sportmedizin*, 45 , 336-345.
- [107] Van Mechelen W, Holbil H, Kemper HC, Voorn W-J, De Jongh HR . (1993). Prevention of running injuries by warm-up, cool-down and stretching exercises . *Am. J. Sport Med.* 21 (5) , 7-11.
- [108] Vandewalle H, Peres G, Heller J, Panel J, Monod H. (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer : Correlation with the height of a vertical jump.. *Eur J Appl Physiol.* ;56 , 650-656.
- [109] Vetter, RE. (2007). Effects of six warm up protocols on sprint and jump performance. *J Strength Cond Res* 21 , 819–823.
- [110] weineck j. (1997). *Manuel d'entraînement*. vigot.

- [111] Weir D.E., Tingley J., Elder G.C. ((2005)). Acute passive stretching alters the mechanicaproperties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contractionl. *Eur J Appl Physiol*, 93(5-6) , 614-623.
- [112] Wiegner AW . (1987). Mechanisms of thyxotropic behavior at related joints in the rat. *J.Appl.Physiol.* 62 , 1615-1621.
- [113] Wiemann K., Kamphövner M. (1995). Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exentrisxhem Training? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 46 , 411-421.a
- [114] Wiemann K., Klee A. (2000). Die Bedeutung von Dehnen und Stretching in der Aufwärmphase vor Höchstleistungen . *de Leistungssport*, 4 , 5-9.
- [115] Wiktorsen-Möller M and al . (1983). Effect of warming up, massage and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity . *Am. J. Sports. Med.*11 , 249-252.
- [116] Wilson GJ ,WOOD GA, Elliot BC . (1991). Optimal stiffness pf the series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *J. Apply. Physiol.* 70 , 825-833.
- [117] Wilson GJ,Murphy AJ,Pryor JF. (1994). Mmsculo-tendinous stiffness:its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *J. Apply.Physiol*, 76 , 2714-2719.
- [118] Wilson, G, Elliot, B, and Wood, G. (1992). Stretching shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Med Sci Sports Exerc* 24 , 116–123.
- [119] Winchester, JB, Nelson, AG, Landin, D, Young, MA, and Schenayder, IC. (2008). Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *J Strength Cond Res* 22 , 13–19.
- [120] Wisloff U. and al. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38(3) , 285-8.
- [121] Woolstenhulme, MT, Griffiths, CM, Woolstenhulme, EM, and Parcell, AC. (2006). Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. . *J Strength Cond Res* 20 , 799–803.
- [122] Worrel TW, Smith TL, Winegardner J . (1994). Effect of harmstring stretching on harmstring muscle performance. *J. Orthop. Phys. Ther*, 20 , 154-159.
- [123] Wydra. G. (1997). Stretching – ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung. *Sportwissenschaft*, 27, 4 , 409-427.
- [124] Yamaguchi, Tand Ishii, K. (2005.). . Effects of static stretching for 30 secondsand dynamic stretching on leg extension power. . *J Strength Cond Res* 19: , , 677–683.

- [125] Young, W, Elias, G, and Power, J. (2006). Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *J Sports Med Phys Fitness* 46 , 403–411.
- [126] Young, W. B. & Behm, D. G. ((2003)). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 43(1) , 21-27.
- [127] Young, W.B., M.H. McDowell, and B.J. Scarlett. . ((2001)). Specificity of sprint and agility training methods.. *J. Strength Cond. Res.* 15: , 315–31.
- [128] Young, Wand Behm, D . (2002). Should static stretching be used during a warm up for strength and power activities? . *Strength Cond J* 24 , 33–37.

Annexe

ANNEXE 1

NOM	DATE
PRENOM	AGE
DISCIPLINE	HEURE

QUESTIONNAIRE DESTINE AUX ENSEIGNANTS, ENTRAINEURS ET ATHLETES

(ENQUETE SUR LES ETIREMENTS)

Nous vous serons gré de nous prêter main forte en répondant à ce questionnaire.

Cette collaboration va nous aider à préparer une thèse de doctorat intitulé :

« L'effet du stretching passif sur la performance. »

Nous remercions tous les gens de terrain qui vont contribuer à la réalisation pratique de cette recherche.

Pouvez-vous me donner votre définition de l'étirement ?

- Geste lié à la souplesse.
- Allongement maximum d'un muscle.
- Geste accompli pour augmenter l'élasticité d'un muscle.
- Retrouver une longueur et un volume de repos des muscles.

Pour quel but vous étirez-vous ?

- Gain de souplesse.
- préparation à l'effort.
- Prévention des blessures.
- Pour gagner en amplitude.
- pour une meilleure récupération.
- Décontraction physique.

- Décontraction psychique.
- Amélioration de la performance.

Quels groupes musculaires étirez-vous ?

- Ischio-jambiers.
- Quadriceps.
- Adducteurs.
- Triceps sural.
- Chaîne postérieur.
- Autres :.....
.....

Quand vous étirez-vous ?

- Pendant l'entraînement.
- Une séance spéciale d'étirement.
- Avant une compétition.
- Après une compétition.
- A la partie finale de l'échauffement.
- Au début de l'échauffement.
- A la fin d'une séance d'entraînement.

Utilisez-vous des étirements court ou prolongés ?

Si courts :

Si prolongés :

Combien de répétitions ?

Combien de répétitions ?

1 à 5 rep

10 à 15 rep

5 à 10 rep

15 à 20 rep

La durée de chaque rep

- 0 à 6 sec
- 6 à 12 sec

La durée de chaque rep

- 0 à 15 sec
- 15 à 30 sec
- 30 secs à 1 min

Quel type d'étirements utilisez-vous ?

- Etirements statique.
- Etirement dynamique.
- Etirement actif.
- Etirement passif.
- Etirement balistique.
- Etirement en PNF (assouplissement neuro-musculaire proprioceptif).

Quels sont les effets souhaités de la pratique des étirements ?

- Améliorer la performance.
- Prévenir les blessures.
- Favoriser une récupération rapide.

D'après vous, est ce que les étirements pré-exercices nuisent à la performance ?

Oui Non

Pourquoi ?

.....

.....

.....

.....

	VITESSE		Vitesse puissance-coordination (Cazorla 2004)			VMA(Km/h) (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	
1	2,02	4,20	3,22	5,06	6,68	19,37
2	2,12	4,31	3,18	5,06	6,53	20,43
3	2,14	4,28	3,28	5,41	6,69	17,5
4	2,06	4,37	2,92	4,98	6,11	19,06
5	2,13	4,46	3,40	5,42	6,46	17,96
6	1,98	4,48	2,98	4,98	5,87	19,68
7	2,05	4,35	3,09	4,81	5,94	19,06
8	2,06	4,40	3,21	5,50	6,62	17,65
9	1,93	4,38	3,22	5,65	6,40	16,56
10	2,04	4,70	3,20	5,36	6,42	18,37
11	2,05	4,73	3,23	5,34	6,46	17,65
12	2,03	4,28	3,35	5,08	6,78	20,18
13	2,15	4,62	3,37	5,15	7,54	18,25
14	2,09	4,34	3,24	5,25	6,31	17,65
15	2,16	4,60	3,40	5,31	7,33	17,02
16	2,03	4,65	3,35	5,28	7,10	16,62
17	2,29	5,02	3,46	6,19	7,18	15,62
18	2,01	4,15	3,09	5,03	6,15	20,62
19	1,95	4,16	3,10	5,00	6,20	20,5

Stade communal de Sidi Brahim**Horaire:16h-17h30min Température : 18 test (controle) après 15 min de jeu**

N	poste	âge	taille	poids	Dv₀	S-J	CMJ	Indice d'ELM	Souplesse (chaine-post)
1	M	20	1,74	81	2,32	0,51	0,53	2	11
2	M	22	1,75	62	2,29	0,40	0,52	12	16
3	M	27	1,85	81	2,42	0,52	0,57	5	15
4	M	24	1,64	80	2,20	0,45	0,48	3	11
5	A	20	1,69	72	2,24	0,44	0,47	3	3
6	M	23	1,78	69	2,38	0,45	0,44	1	4
7	A	24	1,70	65	2,23	0,52	0,56	4	13
8	A	25	1,78	71	2,35	0,51	0,54	3	8
9	D	20	1,65	60	2,20	0,43	0,44	1	8
10	A	23	1,75	75	2,29	0,45	0,52	7	9
11	D	30	1,83	78	2,45	0,36	0,41	5	6
12	D	19	1,75	67	2,31	0,41	0,46	5	8
13	D	25	1,65	75	2,22	0,42	0,44	2	6
14	D	20	1,73	69	2,29	0,38	0,51	13	6
15	D	22	1,74	75	2,30	0,44	0,52	8	14
16	G	20	1,70	74	2,30	0,44	0,51	7	11
17	G	28	1,80	89	2,40	0,40	0,40	0	9
18	A	19	1,75	65	2,25	0,49	0,54	5	8
19	A	25	1,78	73	2,36	0,51	0,55	4	9

	VITESSE		Vitesse puissance-coordination (Cazorla 2004)			VMA(Km/h) (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	
1	2,03	4,19	3,22	5,06	6,67	19,36
2	2,11	4,30	3,18	5,06	6,52	20,42
3	2,13	4,27	3,28	5,41	6,68	17,46
4	2,04	4,35	2,92	4,98	6,10	19,0
5	2,13	4,45	3,40	5,42	6,46	17,97
6	1,98	4,47	2,98	4,98	5,86	19,69
7	2,04	4,34	3,09	4,81	5,93	19,09
8	2,06	4,41	3,21	5,50	6,62	17,67
9	1,91	4,37	3,22	5,65	6,41	16,58
10	2,03	4,68	3,20	5,36	6,40	18,39
11	2,04	4,72	3,23	5,34	6,45	17,66
12	2,02	4,27	3,35	5,08	6,77	20,19
13	2,14	4,62	3,37	5,15	7,52	18,26
14	2,09	4,33	3,24	5,25	6,30	17,69
15	2,14	4,60	3,40	5,31	7,32	17,05
16	2,00	4,64	3,35	5,28	7,09	16,64
17	2,28	5,00	3,46	6,19	7,17	15,63
18	2,01	4,14	3,09	5,03	6,14	20,60
19	1,96	4,15	3,10	5,00	6,21	20,5

Horaire:16h-17h30min Température : 18 test (contrôle) après 30min de jeu

N	poste	âge	taille	pooids	Dv ₀	S-J	CMJ	Indice d'ELM	Souplesse (chaine-post)
1	M	20	1,74	81	2,32	0,52	0,55	3	13
2	M	22	1,75	62	2,29	0,43	0,53	10	16
3	M	27	1,85	81	2,42	0,55	0,59	5	17
4	M	24	1,64	80	2,20	0,47	0,50	4	11
5	A	20	1,69	72	2,24	0,47	0,49	2	4
6	M	23	1,78	69	2,38	0,45	0,48	1	3
7	A	24	1,70	65	2,23	0,54	0,59	5	13
8	A	25	1,78	71	2,35	0,53	0,56	4	9
9	D	20	1,65	60	2,20	0,46	0,46	0	7
10	A	23	1,75	75	2,29	0,48	0,54	7	9
11	D	30	1,83	78	2,45	0,36	0,41	5	6
12	D	19	1,75	67	2,31	0,45	0,49	4	9
13	D	25	1,65	75	2,22	0,44	0,45	2	8
14	D	20	1,73	69	2,29	0,41	0,51	11	7
15	D	22	1,74	75	2,30	0,47	0,52	5	15
16	G	20	1,70	74	2,30	0,45	0,53	7	12
17	G	28	1,80	89	2,40	0,45	0,46	0	9
18	A	19	1,75	65	2,25	0,53	0,56	5	9
19	A	25	1,78	73	2,36	0,53	0,56	4	10

	VITESSE		Vitesse puissance-coordination (Cazorla 2004)			VMA(Km/h) (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	
1	2,0	4,19	3,22	5,06	6,64	19,40
2	2,10	4,28	3,18	5,06	6,50	20,49
3	2,11	4,20	3,28	5,41	6,67	17,56
4	2,04	4,34	2,92	4,98	6,10	19,10
5	2,10	4,42	3,40	5,42	6,41	17,99
6	1,93	4,44	2,98	4,98	5,83	19,74
7	2,01	4,32	3,09	4,81	5,90	19,15
8	2,05	4,38	3,21	5,50	6,60	17,80
9	1,91	4,36	3,22	5,65	6,37	16,62
10	2,01	4,67	3,20	5,36	6,40	18,46
11	2,02	4,70	3,23	5,34	6,46	17,79
12	2,01	4,22	3,35	5,08	6,74	20,20
13	2,11	4,60	3,37	5,15	7,50	18,40
14	2,04	4,30	3,24	5,25	6,27	17,81
15	2,13	4,57	3,40	5,31	7,30	17,20
16	2,01	4,60	3,35	5,28	7,07	16,94
17	2,24	5,0	3,46	6,19	7,11	15,94
18	2,0	4,11	3,09	5,03	6,12	20,63
19	1,91	4,12	3,10	5,00	6,16	20,55

Stade communal de Sidi Brahim**Horaire:16h-17h30min Température : 18 tests (contrôle) après 45min de jeu**

N	poste	âge	taille	poids	Dv₀	S-J	CMJ	Indice d'ELM	Souplesse (chaine-post)
1	M	20	1,74	81	2,32	0,48	0,50	3	11
2	M	22	1,75	62	2,29	0,37	0,47	10	15
3	M	27	1,85	81	2,42	0,50	0,51	5	15
4	M	24	1,64	80	2,20	0,43	0,44	4	10
5	A	20	1,69	72	2,24	0,42	0,43	2	2
6	M	23	1,78	69	2,38	0,42	0,40	1	2
7	A	24	1,70	65	2,23	0,50	0,52	5	12
8	A	25	1,78	71	2,35	0,48	0,50	4	7
9	D	20	1,65	60	2,20	0,40	0,39	0	6
10	A	23	1,75	75	2,29	0,42	0,48	7	8
11	D	30	1,83	78	2,45	0,30	0,36	5	5
12	D	19	1,75	67	2,31	0,41	0,42	4	7
13	D	25	1,65	75	2,22	0,48	0,42	2	6
14	D	20	1,73	69	2,29	0,35	0,48	11	5
15	D	22	1,74	75	2,30	0,41	0,45	5	14
16	G	20	1,70	74	2,30	0,40	0,46	7	10
17	G	28	1,80	89	2,40	0,38	0,38	0	8
18	A	19	1,75	65	2,25	0,47	0,50	5	7
19	A	25	1,78	73	2,36	0,48	0,50	4	9

	VITESSE		Vitesse puissance-coordination (Cazorla 2004)			VMA(Km/h) (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	
1	2,02	4,26	3,22	5,06	6,71	19,30
2	2,114	4,339	3,18	5,06	6,59	20,40
3	2,15	4,33	3,28	5,41	6,74	17,0
4	2,10	4,40	2,92	4,98	6,16	19,0
5	2,16	4,50	3,40	5,42	6,49	17,90
6	2,01	4,52	2,98	4,98	5,90	19,54
7	2,08	4,41	3,09	4,81	5,99	19,01
8	2,09	4,37	3,21	5,50	6,68	17,60
9	2,00	4,41	3,22	5,65	6,45	16,50
10	2,06	4,85	3,20	5,36	6,48	18,30
11	2,08	4,82	3,23	5,34	6,50	17,58
12	2,07	4,31	3,35	5,08	6,81	20,10
13	2,19	4,66	3,37	5,15	7,59	18,15
14	2,14	4,39	3,24	5,25	6,37	17,54
15	2,20	4,64	3,40	5,31	7,38	17,00
16	2,10	4,70	3,35	5,28	7,15	16,60
17	2,31	5,09	3,46	6,19	7,20	15,52
18	2,09	4,20	3,09	5,03	6,19	20,51
19	2,00	4,21	3,10	5,00	6,25	20,2

Stade communal de Sidi Brahim

Horaire:16h-17h30min Température : 18° Post-tests (1)après stretching routine

n	poste	âge	taille	poids	Dv₀	S-J	CMJ	Indice d'ELM	Souplesse (chaîne-post)
1	M	20	1,74	81	2,32	0,46	0,50	4	12
2	M	22	1,75	62	2,29	0,38	0,47	9	16
3	M	27	1,85	81	2,42	0,50	0,54	4	17
4	M	24	1,64	80	2,20	0,41	0,45	4	12
5	A	20	1,69	72	2,24	0,42	0,42	0	5
6	M	23	1,78	69	2,38	0,39	0,40	1	6
7	A	24	1,70	65	2,23	0,39	0,50	11	13
8	A	25	1,78	71	2,35	0,45	0,48	3	9
9	D	20	1,65	60	2,20	0,40	0,39	1	8
10	A	23	1,75	75	2,29	0,42	0,48	6	11
11	D	30	1,83	78	2,45	0,33	0,36	3	9
12	D	19	1,75	67	2,31	0,39	0,40	1	9
13	D	25	1,65	75	2,22	0,36	0,38	2	8
14	D	20	1,73	69	2,29	0,35	0,42	7	8
15	D	22	1,74	75	2,30	0,41	0,45	4	16
16	G	20	1,70	74	2,30	0,38	0,44	6	12
17	G	28	1,80	89	2,40	0,35	0,35	0	12
18	A	19	1,75	65	2,25	0,46	0,49	3	10
19	A	25	1,78	73	2,36	0,47	0,49	2	12

n	VITESSE		Vitesse puissance-coordination (Cazorla 2004)			VMA(Km/h) (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m croch et avec ballon	
1	2,42	4,30	3,43	5,26	6,89	19,15
2	2,32	4,44	3,37	5,29	6,72	20,22
3	2,38	4,37	3,40	5,59	6,91	17,4
4	2,35	4,46	3,05	5,18	6,23	19,00
5	2,33	4,55	3,61	5,60	6,62	17,74
6	2,11	4,59	3,11	5,20	6,02	19,44
7	2,25	4,48	3,29	4,99	6,13	19,00
8	2,23	4,53	3,42	5,70	6,82	17,41
9	2,23	4,47	3,43	5,83	6,67	16,35
10	2,34	4,81	3,40	5,55	6,36	18,15
11	2,55	4,84	3,43	5,54	6,62	17,45
12	2,70	4,39	3,57	5,27	7,02	20,00
13	2,46	4,74	3,57	5,30	7,67	18,05
14	2,59	4,45	3,45	5,43	6,60	17,44
15	2,42	4,73	3,59	5,49	7,50	16,80
16	2,39	4,76	3,51	5,47	7,23	16,42
17	2,55	5,13	3,62	6,40	7,37	15,40
18	2,46	4,26	3,15	5,25	6,21	20,39
19	2,35	4,28	3,29	5,18	6,39	20,28

Stade communal de Sidi Brahim**Horaire:16h-17h30min Température : 18 post test 2(après 15min de jeu)**

N	poste	âge	taille	poids	Dv₀	S-J	CMJ	Indice d'ELM	Souplesse (chaine-post)
1	M	20	1,74	81	2,32	0,50	0,53	3	11
2	M	22	1,75	62	2,29	0,41	0,51	10	15
3	M	27	1,85	81	2,42	0,53	0,58	5	15
4	M	24	1,64	80	2,20	0,45	0,49	4	10
5	A	20	1,69	72	2,24	0,45	0,47	2	2
6	M	23	1,78	69	2,38	0,44	0,45	1	2
7	A	24	1,70	65	2,23	0,52	0,57	5	12
8	A	25	1,78	71	2,35	0,50	0,54	4	7
9	D	20	1,65	60	2,20	0,43	0,43	0	6
10	A	23	1,75	75	2,29	0,46	0,53	7	8
11	D	30	1,83	78	2,45	0,35	0,40	5	5
12	D	19	1,75	67	2,31	0,43	0,47	4	7
13	D	25	1,65	75	2,22	0,41	0,43	2	6
14	D	20	1,73	69	2,29	0,39	0,50	11	5
15	D	22	1,74	75	2,30	0,45	0,50	5	14
16	G	20	1,70	74	2,30	0,43	0,50	7	10
17	G	28	1,80	89	2,40	0,40	0,40	0	8
18	A	19	1,75	65	2,25	0,50	0,55	5	7
19	A	25	1,78	73	2,36	0,50	0,54	4	9

	VITESSE		Vitesse puissance-coordination (Cazorla 2004)			VMA(Km/h) (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	
1	2,02	4,20	3,22	5,06	6,68	19,50
2	2,12	4,31	3,18	5,06	6,53	20,50
3	2,14	4,28	3,28	5,41	6,69	17,58
4	2,06	4,37	2,92	4,98	6,11	19,27
5	2,13	4,46	3,40	5,42	6,46	18,00
6	1,98	4,48	2,98	4,98	5,87	19,90
7	2,05	4,35	3,09	4,81	5,94	19,56
8	2,06	4,40	3,21	5,50	6,62	17,45
9	1,93	4,38	3,22	5,65	6,40	16,84
10	2,04	4,70	3,20	5,36	6,42	18,36
11	2,05	4,73	3,23	5,34	6,46	17,84
12	2,03	4,28	3,35	5,08	6,78	20,20
13	2,15	4,62	3,37	5,15	7,54	18,40
14	2,09	4,34	3,24	5,25	6,31	17,77
15	2,16	4,60	3,40	5,31	7,33	17,43
16	2,03	4,65	3,35	5,28	7,10	16,86
17	2,29	5,02	3,46	6,19	7,18	15,87
18	2,01	4,15	3,09	5,03	6,15	20,60
19	1,95	4,16	3,10	5,00	6,20	20,40

Stade communal de Sidi Brahim

Température : 18°

Horaire : 16h-17h30min

Post-tests 3(après 30min de jeu)

N	poste	âge	taille	poids	Dv ₀	S-J	CMJ	Indice d'El.M	Souplesse (chaine-post)
1	M	20	1,74	80	2,32	0,52	0,56	4	15
2	M	22	1,75	61	2,29	0,41	0,55	12	20
3	M	27	1,85	79	2,42	0,53	0,60	7	20
4	M	24	1,64	78	2,20	0,47	0,52	5	17
5	A	20	1,69	70	2,24	0,47	0,50	3	5
6	M	23	1,78	68	2,38	0,44	0,47	3	6
7	A	24	1,70	65	2,23	0,54	0,61	7	19
8	A	25	1,78	72	2,35	0,52	0,56	4	9
9	D	20	1,65	61	2,20	0,45	0,45	0	8
10	A	23	1,75	75	2,29	0,47	0,55	8	10
11	D	30	1,83	78	2,45	0,36	0,41	5	7
12	D	19	1,75	68	2,31	0,45	0,49	4	9
13	D	25	1,65	73	2,22	0,42	0,44	2	7
14	D	20	1,73	68	2,29	0,41	0,53	12	10
15	D	22	1,74	73	2,30	0,50	0,55	5	16
16	G	20	1,70	73	2,30	0,45	0,53	8	14
17	G	28	1,80	87	2,40	0,44	0,45	1	10
18	A	19	1,75	66	2,25	0,52	0,58	6	9
19	A	25	1,78	74	2,36	0,53	0,57	4	10

	VITESSE		Vitesse-puissance-coordination (Cazorla 2004)			Course 5min (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	VO ₂ MAX & VMA(mètre)
1	1,96	4,08	2,95	5,00	5,96	20,62
2	2,05	4,15	3,00	5,01	6,10	21,25
3	2,00	4,13	3,05	5,06	6,12	18,75
4	1,97	4,11	2,80	4,80	5,95	20,31
5	2,05	4,17	3,10	5,00	6,08	19,21
6	1,97	4,09	2,78	4,88	5,47	20,93
7	1,98	4,09	2,90	4,71	5,64	20,31
8	2,00	4,12	3,05	5,06	6,09	18,62
9	1,92	4,08	3,00	5,15	6,05	17,5
10	2,01	4,15	3,10	5,04	6,11	19
11	2,00	4,15	3,10	5,10	6,10	18,9
12	1,95	4,12	3,08	4,99	6,15	21,12
13	2,02	4,14	3,01	4,97	6,00	19,5
14	1,98	4,10	2,80	4,90	5,96	18,9
15	2,00	4,12	3,00	5,00	6,10	17,75
16	2,00	4,10	3,12	5,01	6,15	17,87
17	2,12	4,20	3,15	5,20	6,25	16,5
18	1,95	4,05	2,98	4,94	5,90	21,12
19	1,80	4,06	2,97	4,90	5,88	21,25

	VITESSE		Vitesse-puissance-coordination (Cazorla 2004)			Course 5min (brikci&dekkar.1989)
	10m	30m	20m ligne droite	20m crochet	20m crochet avec ballon	VO ₂ MAX & VMA(mètre)
1	1,98	4,10	2,95	5,00	5,99	20,02
2	2,07	4,17	3,00	5,01	6,14	21,00
3	2,02	4,16	3,05	5,06	6,13	18,60
4	1,99	4,13	2,80	4,80	5,98	20,10
5	2,08	4,18	3,10	5,00	6,09	19,10
6	1,99	4,11	2,78	4,88	5,49	20,72
7	2,02	4,13	2,90	4,71	5,66	20,11
8	2,03	4,15	3,05	5,06	6,11	18,40
9	1,95	4,09	3,00	5,15	6,09	17,45
10	2,04	4,17	3,10	5,04	6,15	19
11	2,01	4,18	3,10	5,10	6,12	18,8
12	1,98	4,15	3,08	4,99	6,13	21,01
13	2,04	4,13	3,01	4,97	6,04	19,40
14	2,00	4,14	2,80	4,90	5,99	18,77
15	2,03	4,15	3,00	5,00	6,13	17,55
16	2,02	4,16	3,12	5,01	6,17	17,84
17	2,15	4,21	3,15	5,20	6,26	16,40
18	1,99	4,09	2,98	4,94	5,93	21,00
19	1,85	4,07	2,97	4,90	5,89	21,12