

**MINISTÈRE DE LA SANTÉ**  
**RÉGION LORRAINE**  
**INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**  
**DE NANCY**

**ÉTUDE COMPARATIVE**  
**DE DEUX TECHNIQUES D'ÉTIREMENTS :**  
**LE TENU-RELÂCHÉ**  
**VERSUS**  
**LE STRETCHING EN TENSION ACTIVE**

**Mémoire présenté par Gautier HOCHSTRASSER**  
**étudiant en 3ème année de masso-kinésithérapie**  
**en vue de l'obtention du Diplôme d'État**  
**de Masseur-Kinésithérapeute.**  
**2013-2014.**

# SOMMAIRE

## RÉSUMÉ

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>1</b>
<b>3. METHODOLOGIE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>2</b>
<b>4. LES ISCHIO-JAMBIERS .....</b>	<b>3</b>
4.1. Rappels anatomiques .....	3
4.1.1. Le biceps fémoral.....	3
4.1.2. Le semi tendineux .....	3
4.1.3. Le semi membraneux.....	4
4.2. Innervation et actions .....	4
4.3. Raideur et Football .....	4
<b>5. PHYSIOLOGIE DU MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE .....</b>	<b>5</b>
5.1. La composante contractile « CC ».....	6
5.2. La composante élastique parallèle « CEP ».....	6
5.3. La composante élastique série « CES » .....	7
5.3.1. Le tendon .....	7
5.3.2. La jonction myo-tendineuse. ....	8
<b>6. LES ETIREMENTS.....</b>	<b>9</b>
6.1. Les étirements passifs.....	9
6.2. Les étirements actifs.....	9
6.2.1. Stretching en tension active ou étirements myo-tendineux.....	9
6.2.2. Etirements activo-dynamiques .....	10
6.2.3. Etirements balistiques .....	10
6.2.4. Etirements activo-passifs ou tenu-relâché.....	10
<b>7. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>11</b>

7.1. Population .....	11
7.2. Matériel utilisé.....	12
7.3. Méthode.....	12
7.4. Protocole de l'étude.....	13
7.4.1. Déroulement de l'étude .....	13
7.4.2. Mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers : Le Test de Kendall .....	16
7.4.3. Descriptif de la technique du stretching en tension active .....	17
7.4.4. Descriptif de la technique du tenu-relâché .....	19
7.4.5. Méthode d'analyse statistique. ....	20
<b>8. RESULTATS.....</b>	<b>21</b>
8.1. Analyse descriptive de la population.....	21
8.2. Etude de la reproductibilité intra-évaluateur.....	21
8.3. Présentation des résultats : .....	23
<b>9. DISCUSSION .....</b>	<b>25</b>
9.1. Généralités .....	25
9.2. Interprétation des résultats statistiques. ....	26
9.3. Comparaison des résultats par rapport à la littérature.....	26
9.4. Biais de l'étude. ....	27
9.5. Les différents éléments de la physiologie neuro-musculaire. ....	28
9.6. Quand effectuer les étirements ? .....	29
<b>10. CONCLUSION .....</b>	<b>30</b>

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **ANNEXES**

## RESUME

**Introduction :** Les ischio-jambiers - muscle à forte proportion tendineuses – sont hypoextensibles chez une majorité de footballeurs amateurs. Pour gagner en souplesse musculaire, deux différentes techniques d'étirements ont été étudié : le tenu-relâché et le stretching en tension active.

**Objectif :** L'objectif de notre étude est de rechercher une supériorité d'une des deux techniques – stretching en tension active ou tenu-relâché - sur gain d'amplitude de flexion de hanche.

**Matériel et méthodes :** 24 sujets masculins de 18 à 39 ans, jouant au Football Club de Metz Devant-Les-Ponts participent à un programme se déroulant sur trois semaines avec une séance par semaine. Avant et après chaque séance, un test de Kendall mesurant la flexion de hanche quantifie le gain d'amplitude acquis grâce à l'étirement des ischio-jambiers.

Lors de la première séance, les sujets sont au repos entre les deux tests de Kendall. Les étirements avec la technique du tenu-relâché et du stretching en tension active sont réalisés lors de la deuxième et troisième séance.

**Résultats :** Les résultats montrent que les deux techniques permettent un gain d'extensibilité des ischio-jambiers de manière statistiquement significative ( $p < 0,0001$ ). La technique du tenu-relâché est statistiquement plus efficace que la technique du stretching en tension active sur le gain d'amplitude de flexion de hanche genou tendu. Ils obtiennent respectivement une augmentation d'amplitude articulaire moyenne de 12,41% et 6,42%.

**Mots clés :** ischio-jambiers, extensibilité, test de Kendall, étirements, tension active, tenu-relâché, football

**Key words :** hamstrings, tightness, straight leg raise, stretching, activ tension, hold-relax, soccer.

## **1. INTRODUCTION**

De nos jours, les étirements sont pratiqués par une majorité de sportifs amateurs. Le temps de repos laissé par l'entraîneur à la suite d'un exercice ou à la fin de l'entraînement y est souvent consacré.

Croyant aux idées reçues de leurs prédécesseurs, les entraîneurs les utilisent lors de différents moments de l'activité et pour différents critères. Par exemple à l'échauffement ou avant la compétition afin de prévenir le risque de blessures et améliorer les performances ou encore après l'effort pour diminuer le risque de courbatures et favoriser la récupération. Cependant les réflexions d'auteurs et études menées ces dernières années remettent en question ces préjugés du sportif amateur et les avis sont controversés. (1) (2)

Pour autant, l'entente des auteurs sur le gain d'amplitude articulaire lors d'un étirement est inéluctable.

Il existe différents types d'étirements. Deux techniques seront comparées : le tenu-relâché et le stretching en tension active. Les mesures s'effectueront sur les footballeurs séniors et amateurs du F.C Devants-les-Ponts jouant à un niveau régional et niveau départemental. Chaque joueur sera vu trois fois : une première séance de bilan effectuée pour évaluer l'influence de la position du test sur l'efficacité, les deux suivantes déterminées par un tirage au sort seront destinés aux techniques utilisées.

## **2. OBJECTIF DE L'ETUDE**

L'objectif de l'étude est de comparer deux techniques d'étirements sur le gain d'amplitude de flexion de hanche : le tenu-relâché et le stretching en tension active.

La principale question sera : Y a-t-il une technique plus favorable afin de permettre un gain d'extensibilité ?

D'autres interrogations seront abordées dans l'étude : Quelles sont leurs caractéristiques communes ? Quelles sont leurs différences ? Agissent-elles sur les mêmes structures ?

### **3. METHODOLOGIE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

La recherche bibliographique a confirmé notre première idée que la plupart des footballeurs amateurs ont des ischio-jambiers hypoextensibles notamment du fait de leur constitution anatomique et des différents mouvements pratiqués.

Nous avons ensuite enquêté sur les différents protocoles mis en place auparavant pour les étirer et leur rendre une certaine souplesse.

Nos recherches se sont effectuées sur plusieurs bases de données télématiques : HAS, Pubmed, Pedro, Kinédoc, Kiné actualité, Kinescientifique, Kinésithérapie La Revue. Afin de consulter les ouvrages, nous nous sommes rendu à bibliothèque universitaire de santé et de sciences nancéienne ainsi qu'à réedoc.

Les publications récentes datant de moins d'une dizaine d'années ont été privilégiées mais il est indispensable d'aller recenser des articles passés. Les différents mots clés trouvés dans les titres et la lecture des résumés nous ont incités à les approfondir.

Les principaux mots clés en Français ont été : « ischio-jambiers », « extensibilité », « test de Kendall », « étirements », « tension active », « tenu-relâché », « football ». En Anglais, nous avons utilisé : « Hamstrings », « tightness », « straight leg raise », « stretching », « activ tension », « proprioceptive neuromuscular facilitation », « soccer ». Le tout étant coordonné par les opérateurs booléens « and » et « or ».

## **4. LES ISCHIO-JAMBIERS**

### **4.1. Rappels anatomiques**

Le groupe musculaire des ischio-jambiers forme le galbe postérieur de la cuisse.

Il est composé de 3 muscles différents qui sont : le biceps fémoral, le semi-tendineux et le semi-membraneux.

#### **4.1.1. Le biceps fémoral**

Il comprend deux portions :

- Une longue portion fusiforme qui s'insère par un tendon commun sur la face postérieure de l'os coxal au niveau de la tubérosité ischiatique.
- Une courte portion semi-penniforme qui s'insère par une lame tendineuse au niveau des deux tiers inférieurs de la lèvre latérale la ligne âpre du fémur.

Les deux portions fusionnent au niveau du condyle externe du fémur pour se terminer par un tendon commun qui s'insère sur :

- le versant postéro-latéral de la tête fibulaire
- la capsule tibio-fibulaire
- l'extrémité supérieure du tibia
- le fascia jambier

#### **4.1.2. Le semi tendineux**

Il s'agit d'un muscle fusiforme qui s'insère en proximal sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique de l'os coxal (en dedans du long biceps) par un tendon commun.

Sa terminaison s'effectue au niveau de la patte d'oie sur le quart supérieur de la face médiale du corps du tibia par un tendon élargi et aplati formant la limite supéro-médiale de la fosse poplitée.

### **4.1.3. Le semi membraneux**

Comme son nom l'indique, c'est un muscle fortement membraneux qui prend son origine par un tendon commun sur la face postérieure de la tubérosité ischiatique (en dehors et en avant de la longue portion du biceps) et se termine par trois insertions différentes :

- Un tendon direct qui s'insère sur la face postérieure de l'épiphyse supérieure du tibia et sur le muscle poplité.
- Un tendon réfléchi qui s'insère sur la partie antéro-médiale de l'épiphyse supérieure du tibia
- Un tendon récurrent qui s'insère sur la partie supérieure de la coque condylienne latérale.

### **4.2. Innervation et actions**

Les trois muscles ont la même innervation provenant du nerf sciatique de racine L5, S1, S2.

Ce sont trois muscles bi-articulaires qui participent avec le droit antérieur à une sangle de rappel participant à la stabilité des articulations coxo-fémorale et fémoro-tibiale lors de la marche et la station debout. (3)

Au niveau de la hanche, les ischio-jambiers sont extenseurs.

Au niveau du genou, les trois muscles sont fléchisseurs. Le biceps fémoral a une action de rotation latérale, le semi tendineux et semi membraneux ont une action de rotation médiale quand l'articulation est fléchie. (4)

### **4.3. Raideur et Football**

Les footballeurs amateurs ont la particularité d'avoir des ischio jambiers plus raides que la population normale. Ainsi Sweck (5) retrouve une différence significative à la comparaison de jeunes footballeurs amateurs par rapport à une population témoin.

Lors de l'activité, la position préférentielle du footballeur est semi-fléchie, ainsi le travail musculaire en raccourcissement des ischio-jambiers favorise sa rétraction.

La courte portion du biceps et le semi membraneux sont des muscles penniformes: les fibres forment un angle variable avec l'axe principal du muscle. C'est ce qu'on appelle l'angle de pennation. Les fibres musculaires étant obliques, ces muscles ont une capacité de raccourcissement moindre que les muscles fusiformes où les fibres sont longitudinales par rapport au tendon. (6)

A surface de section égale, les muscles penniformes obtiennent une puissance et une force de contraction supérieures aux muscles fusiformes grâce à cette particularité anatomique qui permet un ancrage d'un plus grand nombre de fibres musculaires. (7)  
(8)

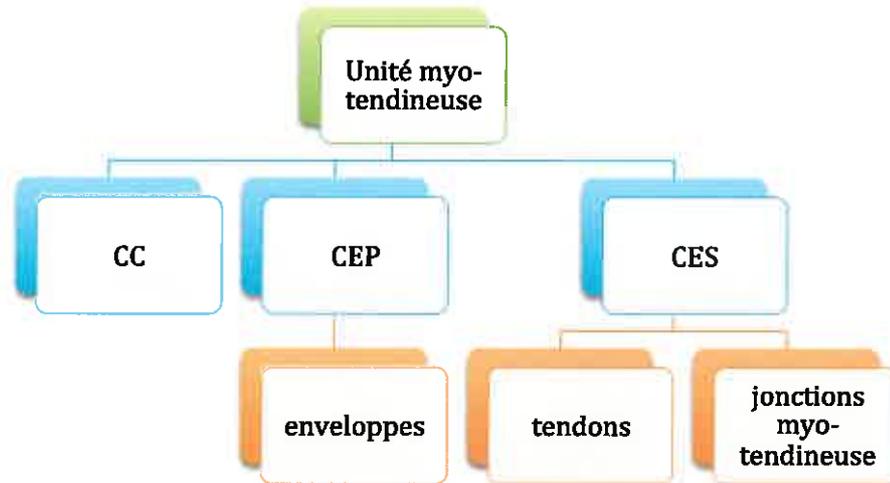
De part leur forte proportion tendineuse, les ischio-jambiers ont une extensibilité diminuée. En effet, un tendon par sa constitution en collagène à 70% n'est extensible que de 4 à 8% de sa longueur initiale. Au delà, il y a risque de rupture. (8)

En plus de la forte teneur en collagène, les ischio-jambiers et plus particulièrement le semi tendineux sont composés de nombreuses cloisons inter fasciculaires conjonctives augmentant leur rigidité. (9)

## **5. PHYSIOLOGIE DU MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE**

Selon le modèle de Hill modifié par Huijing en 1994, l'unité myo-tendineuse est composée de trois différentes composantes :

- La composante contractile « CC » comprenant les éléments musculaires contractiles.
- La composante élastique en parallèle « CEP » comprenant les enveloppes conjonctives entourant les éléments contractiles.
- La composante élastique en série « CES » comprenant les tendons et la jonction myotendineuse. (10)



**Figure 1 : Schématisation de l'unité myo-tendineuse**

### **5.1. La composante contractile « CC »**

Les ischio-jambiers sont des muscles striés squelettiques. Le corps musculaire représentant la partie contractile du muscle est constitué d'un ensemble de faisceaux (Annexe I). Chaque faisceau est composé de fibres musculaires qui elles-mêmes sont organisées en une multitude de myofibrilles.

Les myofibrilles sont constituées par la mise bout à bout de la plus petite unité contractile musculaire : le sarcomère. La juxtaposition de myo-filaments d'actine et de myosine de ce dernier représente la composante contractile.

Ainsi lors de la contraction, l'interaction d'actine et de myosine les uns par rapport aux autres entraîne une variation de longueur du sarcomère (11).

Lorsque le muscle est relâché, les ponts d'actine-myosine se situent en état stable tandis que l'étirement tend à en défaire certains pendant que d'autres se reconstituent. Proske et Morgan (1999) évoquent alors le fait que certains ponts d'une faiblesse relative se détacheraient plus vite que d'autres.

### **5.2. La composante élastique parallèle « CEP »**

La composante élastique parallèle correspond aux différentes enveloppes de tissu conjonctif du muscle :

- L'endomysium qui entoure chaque fibre musculaire.
- Le périmysium qui rassemble l'ensemble des fibres musculaires pour en former le faisceau.
- L'épimysium qui joint l'ensemble des faisceaux et recouvre l'ensemble du muscle.

Ces enveloppes organisées en un réseau maillé permettent d'avoir un potentiel d'extensibilité qui évolue aussi fonction de leur teneur en collagène. Sous la contrainte d'une tension comme lors d'un étirement, l'organisation structurée des fibres en collagène se déforme passant d'une forme carrée à losange.

### 5.3. La composante élastique série « CES »

#### 5.3.1. Le tendon

Il est composée à 70% de fibres de collagène ce qui lui octroie un degré d'extensibilité nettement diminué par rapport au tissu conjonctif ou à la composante contractile.

Au cours de l'examen du tendon lorsque celui ci subit une contrainte telle qu'un étirement, on obtient une courbe avec quatre différentes parties: (Fig. 2)

- Une partie initiale de < 1% de déformation où le tendon est ondulé.
- Une partie linéaire de 1 à 3% où les fibres tendineuses sont tendues et linéaires. Cela correspond à la tension lors de l'activité sportive telle que sauts et courses.
- Une partie « critique » pour le tendon de 4 à 8% de déformation où il y a des ruptures microscopiques partielles réversible si la traction cesse.
- Une rupture totale du tendon au delà de 8%.

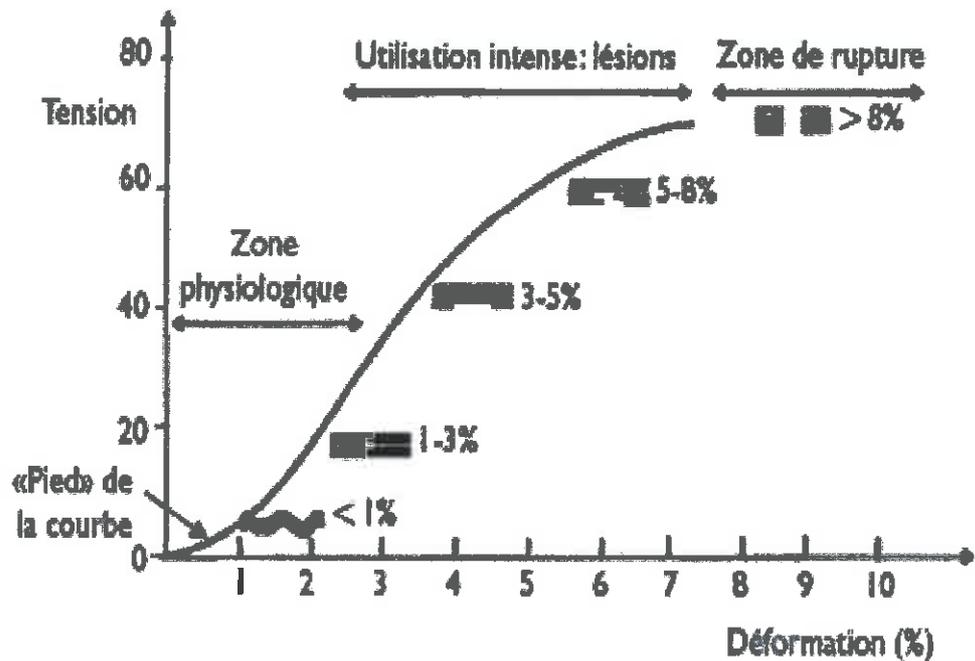


Figure 2 : Courbe Tension/Longueur du tendon en fonction de l'étirement (10)

### 5.3.2. La jonction myo-tendineuse.

La transmission de force de traction que produit le corps musculaire au tendon se fait par deux voies :

- La voie directe par l'intermédiaire des sarcomères en série.
- La voie indirecte par les différentes enveloppes de tissu conjonctif entourant le muscle (endomysium, épimysium, périmysium, aponévrose). (11)

Pour conclure, la composante contractile est la plus extensible avec une capacité d'augmenter sa longueur de repos initiale de 20 à 50%. Viennent ensuite les différentes enveloppes conjonctives puis le tendon avec une modification de longueur n'atteignant que 8%.

## 6. LES ETIREMENTS.

### 6.1. Les étirements passifs.

L'étirement passif définit par Ylinen (12) est « une force externe, dirigée de façon à étirer un corps musculaire cible au repos. Cette force est produite par un assistant, un thérapeute, une machine, un système poids-poulie ou encore sans aide extérieure par le sujet lui-même utilisant la pesanteur ou des positions du corps pour créer un étirement ».

Le risque de lésions par dépassement de la limite physiologique est le principal inconvénient de cette technique car elle agit un premier temps sur la composante contractile puis lors du prolongement de l'étirement sur la composante élastique parallèle, la jonction myo-tendineuse et sur le tendon.

### 6.2. Les étirements actifs.

#### 6.2.1. Stretching en tension active ou étirements myo-tendineux

Le groupe musculaire cible est placé dans d'une position de départ avec une contraction isométrique volontaire suivi par un déplacement segmentaire visant à éloigner ses insertions musculaires. Le muscle est travaillé en contraction excentrique.

Cette technique permet d'avoir «une double traction» de l'unité myo-tendineuse (Fig. 3) : une première dans le sens du raccourcissement grâce à la contraction musculaire et une deuxième dans le sens de l'allongement grâce à l'étirement. (11) (13)

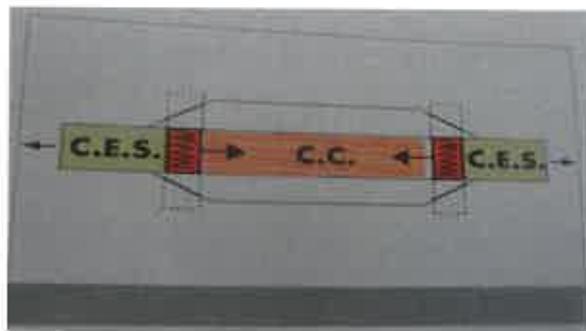


Figure 3 : Double traction de l'unité myo-tendineuse lors du stretching en tension active

### **6.2.2. Etirements activo-dynamiques**

Il s'agit de l'association d'une mise en allongement (inférieure à la longueur maximale) et d'une contraction musculaire suivie par un travail dynamique. La phase dynamique correspond à une contraction concentrique du muscle.

### **6.2.3. Etirements balistiques**

Dans la littérature, deux types de mouvements balistiques sont décrits :

- Le mouvement à base de lancés saccadés obtenus par une contraction musculaire forte et répétitive des muscles agonistes afin d'étirer les muscles antagonistes. Cette technique a l'inconvénient de faire intervenir le reflexe myotatique, ce qui entraîne une restriction d'amplitude maximale.
- Le mouvement de balancier faisant intervenir le poids du membre et l'apesanteur avec un relâchement total. Ce mouvement réalisé avec une augmentation progressive de l'amplitude articulaire permet un rodage articulaire.

### **6.2.4. Etirements activo-passifs ou tenu-relâché.**

Ce type d'étirement se décompose en trois temps : (14)

Tout d'abord, le sujet place le muscle cible en étirement maximum et le contracte intensivement de façon statique contre une résistance manuelle ou mécanique. Ce travail actif est suivi d'une période de repos où le relâchement musculaire est total et sans mouvement. Puis vient un travail passif effectué par le thérapeute, qui étire le muscle précédemment contracté de façon lente et progressive. Ce cycle de tenu-relâché est répété plusieurs fois tout en maintenant un temps de travail équivalent au temps de repos.

Cette technique d'étirement permettant un gain d'amplitude est facilitée par une «période réfractaire». Ainsi quelques instants après la contraction intense, un effet inhibiteur s'installe dans le muscle au repos. La tension passive au niveau des ponts actine-myosine du sarcomère ainsi que la sensibilité efférente des fuseaux

neuromusculaires sont alors diminuées. Ces fuseaux sont des récepteurs sensitifs capables de réguler la tension musculaire. Par une réaction en chaîne, l'activité motrice des nerfs efférents gamma responsables du réflexe myotatique (Fig. 4) est elle aussi diminuée. (12)

### Arc réflexe du réflexe myotatique

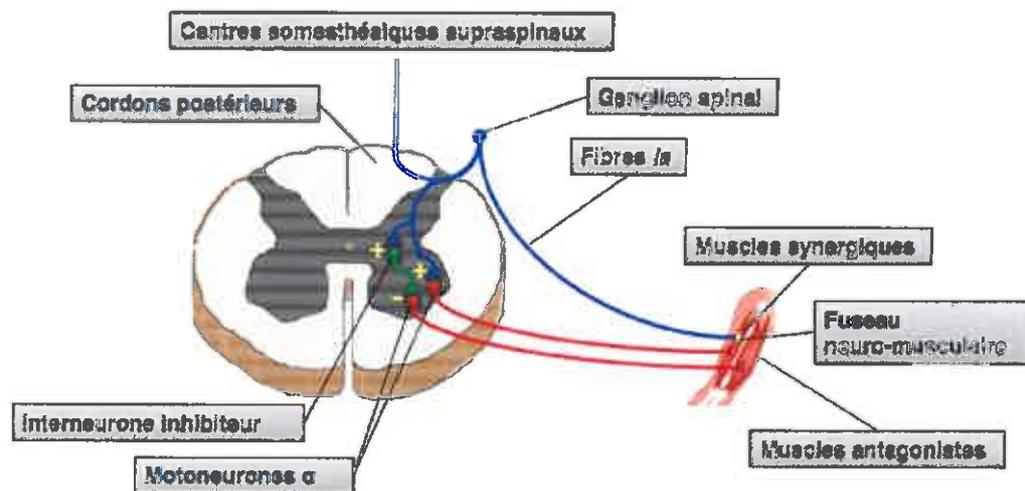


Figure 4 : Schématisation de l'arc réflexe myotatique qui dans l'étude est diminué.

## 7. MATERIEL ET METHODES

### 7.1. Population

Sont candidats de l'étude, 30 footballeurs masculins séniors du Football Club de Metz Devant-Les-Ponts évoluant en 3 différents niveaux de championnat : l'équipe première en promotion d'honneur régional, la deuxième équipe en deuxième division de district et la troisième équipe en troisième division de district.

Nos critères d'exclusions :

- Antécédents de pathologies musculaires ou articulaires de moins d'un an sur le membre testé.
- Présence d'un récurvatum ou flexum de genou.
- Antécédents chirurgicaux des membres inférieurs datés de moins d'un an.

## **7.2. Matériel utilisé**

Un vestiaire est mis à notre disposition durant la totalité de l'étude. La température y régnant restant stable.

Nous avons utilisé :

- Une table de massage réglable afin de réaliser les mesures d'extensibilités et les étirements de tenu-relâché.
- Une alèse en papier afin de protéger la table et de respecter l'hygiène.
- Un goniomètre de Rippstein nous servant d'instrument de mesure pour l'angulation de hanche.
- Un chronomètre pour déterminer les temps de contraction, relâchement et de pause.

## **7.3. Méthode**

La population de 30 joueurs est divisée en deux moitiés de 15 répartis aléatoirement grâce à un tirage au sort papier.

Durant trois semaines consécutives, chaque joueur est vu une fois par semaine. Tous les membres d'une moitié sont vus le même jour et au cours de la même tranche horaire. Ceci a pour objectif de rendre la méthode la plus reproductible possible.

## **7.4. Protocole de l'étude**

### **7.4.1. Déroulement de l'étude**

#### **Echauffement**

Lors de chaque séance, les joueurs s'échauffent pendant quinze minutes en effectuant des tours de terrains en courant à vitesse modérée. Ceci permettant d'augmenter la température musculaire interne et de diminuer le risque de rupture musculaire lorsque le muscle est suivi d'un étirement. (11) (15)

#### **Première séance**

La première séance est la même pour les deux moitiés :

-Un questionnaire (Annexe IV) est distribué à chaque joueur afin de réceptionner des données quantitatives tels que le poids, l'âge, la taille et des données qualitatives tels que le membre inférieur de frappe de balle. Les critères d'exclusions sont évoqués oralement avec chaque sujet.

Afin de comparer les techniques d'étirement entre le tenu-relâché ou le stretching en tension active, nous utilisons le test de Kendall. Son but est d'objectiver le gain d'amplitude obtenu après chaque technique.

-Lors de cette première séance, deux tests de Kendall espacés de 180 secondes de repos sont effectués dans le but de mesurer l'angle de flexion de hanche genou tendu. Cette mesure étant limitée par l'extensibilité des Ischio-Jambier. (8)

Ce temps de repos défini arbitrairement correspond à la durée effective d'étirement que le sujet réalisera lors des deux séances suivantes entre chaque test de Kendall.

### **Deuxième et troisième séances.**

Lors de la deuxième et troisième semaine, afin d'éviter un effet lié à l'ordre des séances d'étirement les séances sont inversées pour les joueurs : (fig. 5)

La deuxième semaine, la première moitié commence chronologiquement par :

Un échauffement – un test de Kendall - une série d'étirement de type tenu-relâché – un test de Kendall

Ils finissent la troisième semaine par :

Un échauffement – un test de Kendall – une série d'étirement de stretching en tension active – un test de Kendall.

La deuxième semaine, la deuxième moitié commence chronologiquement par :

Un échauffement – un test de Kendall – une série d'étirement de stretching en tension active – un test de Kendall.

Ils finissent la troisième semaine par :

Un échauffement – un test de Kendall - une série d'étirement de type tenu-relâché – un test de Kendall

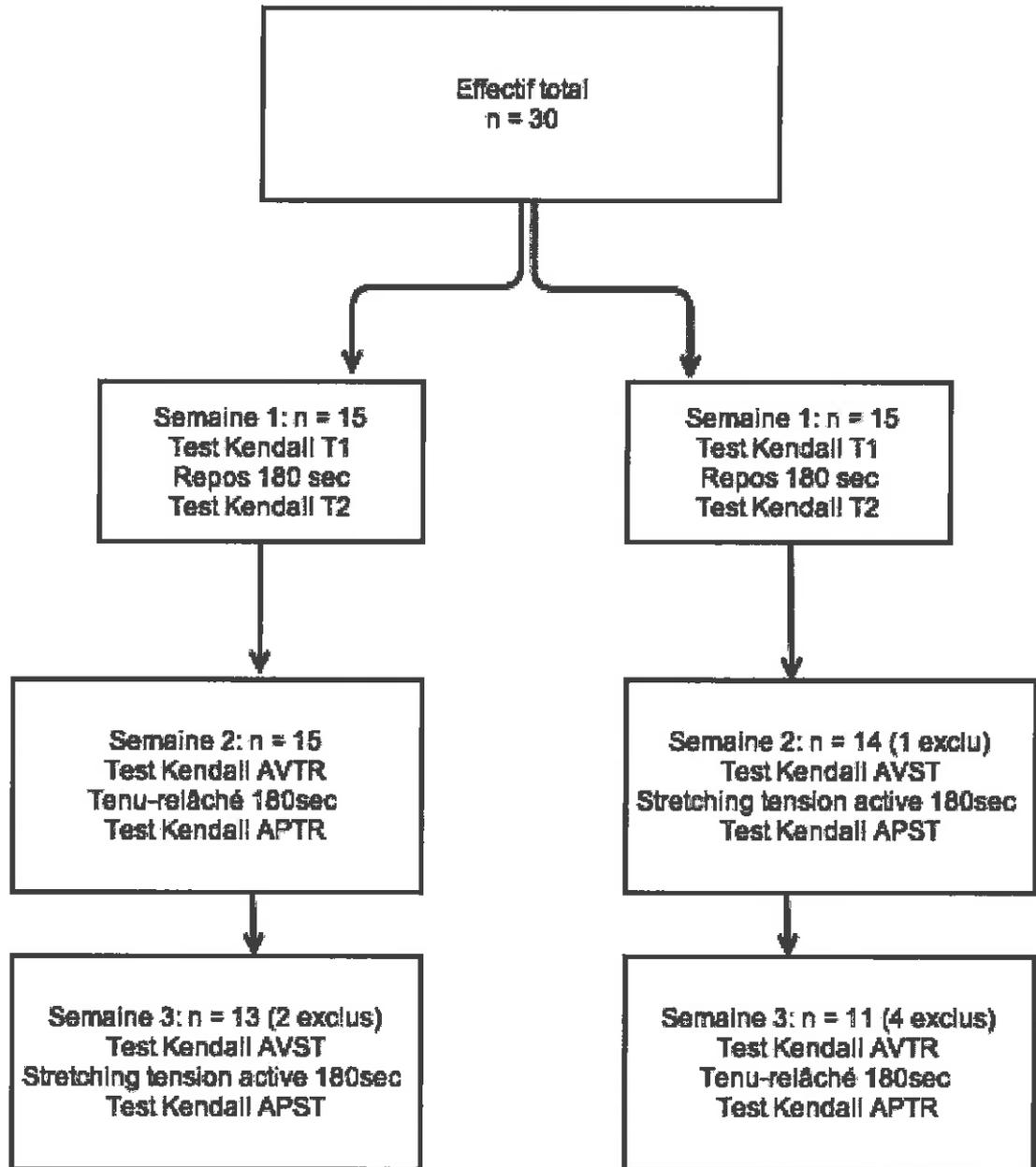


Figure 5 : Charte de flux résumant les 3 semaines de protocole.

#### **7.4.2. Mesure de l'extensibilité des ischio-jambiers : Le Test de Kendall**

Le test de Kendall sert à évaluer l'extensibilité des ischio-jambiers en mesurant l'angle de flexion de hanche. Ce test évalué par A.Perrin obtient une très bonne reproductibilité intra et inter-évaluateur. (16)

Dans notre étude, chaque série d'étirements est précédée puis suivie d'un test de Kendall afin d'évaluer l'augmentation du gain d'amplitude obtenue en flexion de hanche.

##### **Position de départ :**

Le sujet se trouve en décubitus sur la table de massage, la tête est en position neutre sans coussin, les membres supérieurs reposant le long du corps et les membres inférieurs tendus avec la patella regardant au zénith et les talons joints.

La mesure est effectuée sur le membre inférieur de frappe de balle du sujet. Le kinésithérapeute place le goniomètre de Rippstein sur la crête tibiale juste en dessous de la tubérosité tibiale antérieure du sujet et règle l'appareil de mesure en déplaçant le cadre vertical sur 0°.

##### **La mobilisation :**

Tout en demandant une contraction controlatérale du quadriceps du membre non évalué afin d'éviter une flexion de hanche induisant une rétroversion de bassin, le kinésithérapeute emmène passivement et lentement le membre inférieur à tester vers la flexion de hanche: le tiers moyen de la jambe du sujet repose sur l'épaule du kinésithérapeute tout en laissant une liberté à la cheville. Avec sa main caudale, le kinésithérapeute effectue une première prise sur la partie antéro-inférieure de la cuisse afin d'éviter la flexion de genou. Une seconde prise est réalisée sur la partie antéro-supérieure de la jambe pour stabiliser le goniomètre. (Fig. 6)

La mobilisation est continue et le kinésithérapeute s'arrête lorsqu'il apprécie une fin de course élastique souple ou lorsque le sujet ressent une sensation douloureuse « derrière la cuisse ». Cette sensation douloureuse devra être si possible identique de séance en séance.



Figure 6 : Test de Kendall

Dans cette position, le kinésithérapeute peut ainsi regarder la valeur d'angle de flexion de hanche indiquée à 2 degrés près sur le goniomètre.

Le praticien ramène alors lentement le membre inférieur sur la table et reporte la mesure sur le questionnaire du sujet.

#### **7.4.3. Descriptif de la technique du stretching en tension active**

Notre technique est basée sur la méthodologie de M.Esnault qui évoque trois différentes phases dans ce type d'étirement:

- Une phase d'étirement qui correspond au mouvement de la position de départ jusqu'à la sensation d'allongement.
- Une phase de tenu de la position en allongement.
- Une phase de retour équivalent à un relâchement de la position d'étirement jusqu'à la position de départ.

**Position de départ :** Le sujet est debout avec un écart entre les deux pieds équivalent à une largeur de bassin. Les genoux sont légèrement fléchis afin d'obtenir une contraction des ischio-jambiers.

**Phase de l'étirement :** L'enjeu dans cette phase consiste à ce que le sujet réalise une flexion du tronc autour de ses coxofémorales et non dans la colonne lombaire puis emmène ses ischions vers le haut et l'arrière afin d'étirer le muscle. L'étirement est réalisé par le bassin en chaîne cinétique fermée.

S'effectuant sur le temps expiratoire, la phase est lente (d'une durée de six secondes) et progressive pour permettre une mise en tension sans à-coup. Le sujet arrête l'étirement au niveau du seuil douloureux. Il doit ressentir une sensation d'étirement au niveau de la face postérieure de la cuisse.

**Phase de tenu :** Cette phase dure six secondes et s'effectue avec une respiration normale.

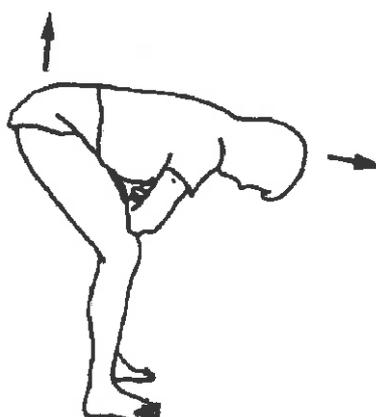


Figure 7 : Etirement analytique des ischio-jambiers selon Esnault

**Phase de retour :** Elle dure six secondes, s'effectue de manière lente et progressive et ramène à la position de départ.

L'exercice est réalisé dix fois de suite avec un temps de repos de six secondes entre chaque manœuvre. La durée de l'exercice est de  $10 \times (3 \times 6) = 180$  secondes

#### **7.4.4. Descriptif de la technique du tenu-relâché**

4 temps sont décrits lors des étirements de type tenu-relâché :

- **Premier temps : Mise en tension**

Le sujet est en position décubitus dorsal. Nous emmenons passivement son membre inférieur dominant en flexion maximale de hanche avec le genou fléchi puis nous accentuons passivement l'extension de genou jusqu'à ce que sujet ressente une sensation de tiraillement derrière la cuisse. (Figure 8)

Cette manœuvre est accompagnée d'une contraction controlatérale du membre inférieur non testé afin d'éviter une flexion de hanche induisant une rétroversion de bassin.

- **Deuxième temps : contraction musculaire**

Dans la position de mise en tension, le praticien effectue une prise au niveau du tiers inférieur et postérieur de la cuisse pour la maintenir en flexion de hanche, et une prise au niveau du talon qui permettra de lutter contre la contraction du sujet.

Le kinésithérapeute demande alors au sujet « poussez contre ma main qui se situe au niveau du talon » dans le sens de la flexion de genou.

La contraction statique dure six secondes afin de recruter toutes les unités motrices du muscle.

- **Troisième temps : période de repos.**

Cette période de repos consiste en un relâchement musculaire d'une durée de six secondes. Le rééducateur porte le poids du membre inférieur sans débattement d'amplitude articulaire.



Figure 8 : Technique du tenu-relâché

• Quatrième temps :

Après cette période de repos, nous accentuons lentement et passivement l'extension de genou jusqu'à déterminer un nouveau seuil douloureux.

Nous pratiquons cette manœuvre dix fois. La durée de l'exercice environ 180 secondes.

#### **7.4.5. Méthode d'analyse statistique.**

Tout d'abord, nous présenterons la population ciblée en effectuant une analyse descriptive des différents paramètres démographiques (l'âge, le poids, la taille, la réalisation d'étirement effectué après l'activité physique) à l'aide des différentes moyennes et écarts types.

Afin d'évaluer la reproductibilité intra-testeur des différentes mesures de l'angle de flexion de hanche, le coefficient de corrélation intra classe (ICC) est calculé. Plus l'ICC se rapproche de 1, meilleure est la reproductibilité.

Pour chaque séance (témoin, ST, TR), nous calculons la moyenne des différences « après versus avant », ainsi que leur intervalle de confiance à 95% (IC 95%), puis nous

comparons ces paramètres entre eux. « L'IC 95% est l'intervalle autour de ma moyenne dans lequel on peut être sûr à 95% que les valeurs autour de la moyenne s'étendent. »

De plus, un gain exprimant le pourcentage de variation entre après et avant est calculé selon la formule suivante : (après-avant)/avant X 100. Les gains obtenus lors des 3 séances sont comparés à l'aide d'une ANOVA et du test de Student pour les comparaisons deux à deux. Un  $p \leq 0,05$  est considéré comme significatif.

## **8. RESULTATS**

### **8.1. Analyse descriptive de la population**

Initialement, notre étude comportait 30 sujets. Cependant 6 sujets - blessés ou absents lors d'une séance - ont été exclus de notre protocole afin qu'il n'y ait pas de données manquantes. Nos résultats comprennent dès lors 24 sujets composés exclusivement de sexe masculin. L'âge des sujets est compris entre 18 et 39 ans avec une moyenne de 26,21 ans et un écart-type de 5,93 ans. L'IMC moyen est de 23,73 +/- 2,96. (Annexe V)

Sur les 24 sujets, tous s'entraînent en général 2 fois par semaine. 14 d'entre eux s'étirent à la fin de chaque séance et seulement 6 pratiquent une activité physique supplémentaire supérieure à 2h/semaine.

### **8.2. Etude de la reproductibilité intra-évaluateur.**

Pour évaluer la reproductibilité intra évaluateur, notre base de données prend en compte les deux mesures du test de Kendall effectuées lors de la première séance (T1 et T2) et les mesures pré-étirement effectuées lors de la deuxième et troisième séance (AVTR : avant tenu-relâché et AVST : avant stretching).

A l'aide du coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et des intervalles de confiance à 95% (IC 95%), nous manipulons nos variables quantitatives pour évaluer la fiabilité qui existe entre elles. Plus l'ICC se rapproche de 1, meilleure est la

reproductibilité. « L'IC 95% est l'intervalle autour de ma moyenne dans lequel on peut être sur à 95% que les valeurs autour de la moyenne s'étendent. » (17)

Pour augmenter l'analyse de nos résultats intra évaluateurs, nous ajoutons le calcul de l'erreur type (SEM = Standard error of the mean). Cette valeur exprimée en degré est une estimation de l'erreur de mesure liée à l'évaluateur. Elle est calculé en divisant l'écart type de l'échantillon par la racine carrée de la taille de l'échantillon

**Tableau 1 : reproductibilité intra-évaluateur**

	<b>Intervalle de confiance</b>	<b>Intervalle de confiance à 95%</b>	<b>Standard error of the Mean</b>
<b>T1-T2</b>	<b>0,97</b>	<b>[0,92-0,99]</b>	<b>1,48°</b>
<b>T1-AVTR</b>	<b>0,94</b>	<b>[0,87-0,97]</b>	<b>2,05°</b>
<b>T1-AVST</b>	<b>0,94</b>	<b>[0,86-0,97]</b>	<b>2,00°</b>
<b>AVTR-AVST</b>	<b>0,97</b>	<b>[0,93-0,99]</b>	<b>1,42°</b>

D'après le tableau 1, la reproductibilité intra-évaluateur entre les différentes mesures est très élevée.

En effet :

- Entre T1 et T2, le coefficient de corrélation intra classe est de 0,97 avec un intervalle de confiance compris entre [0,92-0,99] et une erreur standard de 1,48°.
- Entre T1 et AVTR, le coefficient de corrélation intra classe est de 0,94 avec un intervalle de confiance compris entre [0,87-0,97] et une erreur standard de 2,05°.
- Entre T1 et AVST, le coefficient de corrélation intra classe est de 0,94 avec un intervalle de confiance compris entre [0,86-0,97] et une erreur standard de 2,00°.
- Entre AVTR et AVST, le coefficient de corrélation intra classe est de 0,97 avec un intervalle de confiance compris entre [0,93-0,99] et une erreur standard de 1,42°.

Les résultats de l'ICC et de ses intervalles de confiance à 95% étant toujours supérieurs à 80%, nous pouvons indiquer l'existence d'une très bonne reproductibilité entre nos différentes mesures.

### 8.3. Présentation des résultats :

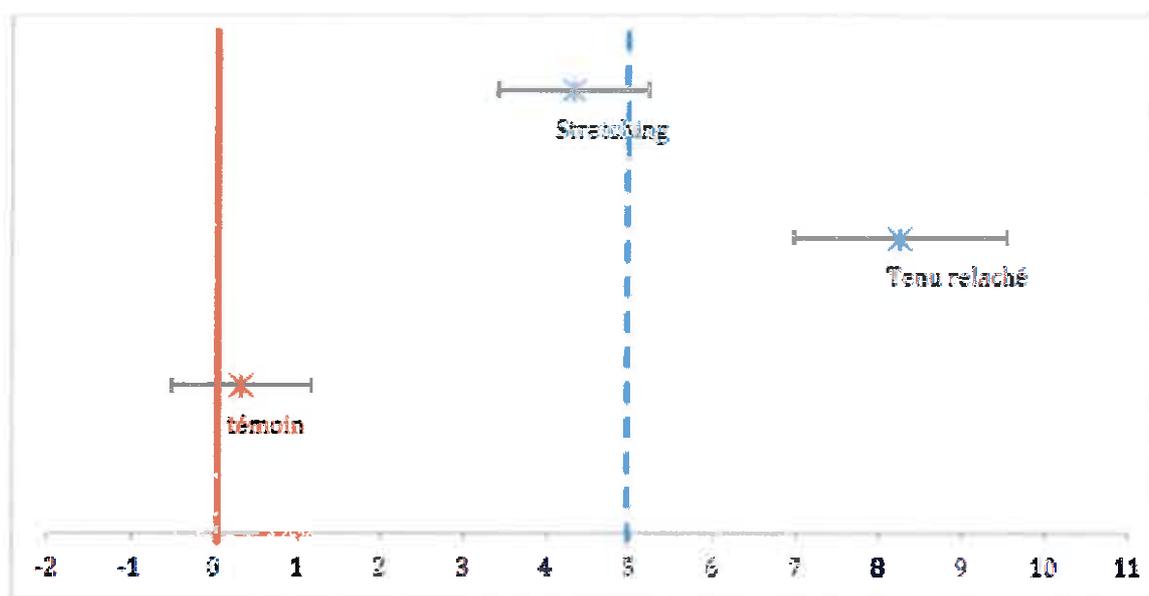


Figure 9 : Différence des moyennes (IC95%) mesurée en degrés entre les deux différentes techniques d'étirement et la séance témoin.

La figure 9 nous permet d'examiner cliniquement les résultats de nos deux techniques d'étirement en termes de différence ainsi que leurs intervalles de confiance à 95%. (17)

La ligne verticale à 0° représente l'absence d'effet.

La ligne pointillée à 5° représente « le plus petit effet clinique valant la peine d'être obtenu ». Cette valeur est défini arbitrairement par rapport à la fiabilité du goniomètre évaluée à 4° (18) et à notre erreur type qui est d'environ 2° (tableau 1).

D'après le tableau des résultats (annexe IV), les deux tests témoins de Kendall coupés par une période de repos effectués lors de notre première séance montrent une différence de 0,33° avec un intervalle de confiance à 95% compris entre -0,51° et 1,17°. Sur la figure 9 cet intervalle de confiance dépasse le zéro mais n'atteint pas « le plus petit effet qui en vaille la peine ».

Ces résultats prouvent que la légère mise en tension des ischio-jambiers effectuée lors du premier test de Kendall n'influe pas sur l'étirement et renforce notre observation

d'une très bonne reproductibilité entre les mesures effectuées lors de la première séance.

La séance de stretching en tension active montre une différence moyenne de  $+4,33^\circ$  avec un IC 95% compris entre [3,43-5,24]. Cet intervalle dépassant légèrement les  $5^\circ$ , ce qui signifie que les effets en valent probablement la peine mais que cette technique n'est pas cliniquement significative. Avec cette technique, un gain de  $+6,42\%$  est néanmoins obtenu.

Au contraire, sur la figure 9 la courbe représentant l'intervalle de confiance de la séance de tenu-relâché est entièrement à droite de la ligne pointillée. Cela témoigne d'une différence statistiquement significative avec un effet clinique qui vaut la peine d'être obtenu. La différence moyenne pour cette technique est de  $+8,25$  avec un IC à 95% compris entre [6,97-9,53], ce qui représente un gain de  $+12,41\%$ .

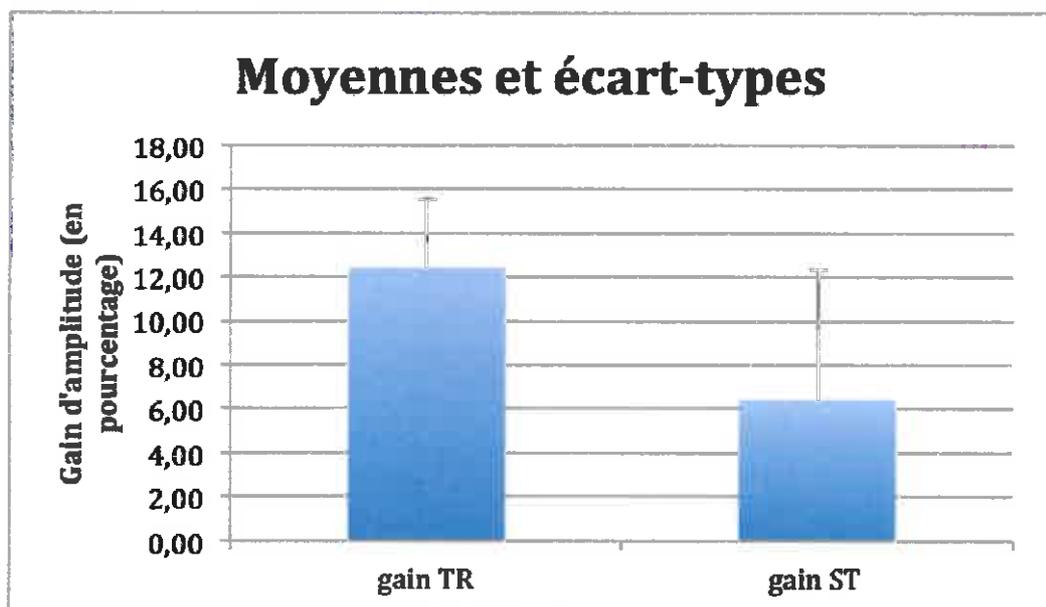


Figure 10 : Représentation graphique des gains d'amplitude obtenus en pourcentage post étirement.

Tableau 1 : Récapitulatifs des résultats présentés par leurs moyennes et leurs écart-types correspondants.

Augmentation angulaire obtenue après tenu-relâché	Augmentation angulaire obtenue après stretching en tension active
12,41% ± 5,92%	6,42% ± 3,36%

A l'aide de l'ANOVA, la comparaison des gains obtenus lors des 3 séances indique une différence très significative avec un  $p < 0,0001$ .

Afin d'approfondir les résultats, nous effectuons un test de Student pour série appariées en comparant nos gains obtenus deux à deux. Le gain des deux techniques obtient alors une différence significative par rapport à la séance témoin avec un  $p < 0,0001$  permettant de confirmer que nos deux techniques ont eu un effet de gain d'amplitude articulaire sur la flexion de hanche. De manière statistiquement significative, le tenu-relâché (12,41%) donne un meilleur gain que le stretching en tension active (6,42%) avec un  $p < 0,001$ .

## 9. DISCUSSION

### 9.1. Généralités

L'hétérogénéité de la population a présenté des difficultés dans la conduite de l'étude. En effet, à l'inverse des joueurs professionnels, les amateurs pratiquent le football en guise de loisirs. Cette différence se fait surtout ressentir lors des entraînements où pour différentes raisons (personnelles, professionnelles, familiales), l'assiduité est parfois négligée. Malgré le choix d'avoir sélectionné les 30 plus fidèles joueurs pour la réalisation de l'étude, 5 d'entre eux ne se sont pas présentés lors de la deuxième ou troisième séance sans motif valable. Ils représentent environ 17% de la population initiale. Un autre joueur, s'étant blessé après le début de l'étude, n'a finalement participé qu'à la première séance.

Cette perte d'une partie de la population initiale diminue la puissance de notre étude. Toutefois, afin d'avoir la méthodologie la plus rigoureuse possible, nous avons pris le parti d'effectuer une analyse en ne prenant en compte que les résultats complets. C'est-à-dire les participants s'étant présentés à toutes les séances.

## **9.2. Interprétation des résultats statistiques.**

Notre étude démontre une très bonne reproductibilité intra-évaluateur parmi nos mesures. Les résultats statistiques confirment une augmentation d'amplitude de la flexion de hanche après les deux techniques d'étirements effectués. Cependant la technique de tenu-relâché obtient un meilleur résultat et serait donc plus utile que la technique du stretching en tension active pour faciliter l'extensibilité des ischio-jambiers et donc accroître l'amplitude articulaire.

Nous obtenons une augmentation d'amplitude moyenne de 12,41% (+/- 5,92) pour le tenu-relâché, et une augmentation moyenne de 6,42% (+/- 3,36) pour le stretching en tension active.

Nous ne pouvons pas affirmer que le poste occupé, le nombre d'année de la pratique du football et le nombre d'entraînements par semaine varient les gains obtenus. Pour obtenir ces données il faudrait réitérer le protocole sur une population plus conséquente en réalisant une analyse stratifiée de la population en prenant en compte le poste ou le nombre d'années de pratique par exemple.

## **9.3. Comparaison des résultats par rapport à la littérature.**

De nombreuses études ont été publiées concernant le gain d'extensibilité obtenu après la technique de tenu-relâché tandis qu'aucune étude n'a été trouvée avec un stretching en tension active.

Les études d'une seule séance de tenu-relâché qui se rapprochent le plus à notre travail sont celle de Schuback (28) et celle de Morcelli (29).

La première étude obtient un gain de flexion de hanche de 12,6° pour une durée

d'étirement-relâchement tandis que la deuxième obtient un gain d'amplitude de l'angle poplitée de 6,26° avec une durée d'exercice de 150secondes alternant un temps de contraction de 5secondes suivi d'un étirement-relâchement de 10secondes.

La différence de résultats observés dans cette étude et ceux rapportés par la littérature est due entre autre aux méthodes d'évaluations, aux différents protocoles utilisés et aux variations des positions pour effectuer les techniques d'étirements.

#### 9.4. Biais de l'étude.

Nous estimons qu'il existe un premier biais lié aux séances d'entraînements. Pour réaliser les mesures, nous pouvions prendre qu'une seule personne à la fois. Malgré le fait que les joueurs aient été reçus aux mêmes horaires et dans le même ordre de passage pour chaque séance, les premiers sujets étaient testés directement après l'échauffement tandis que les derniers arrivaient lorsque l'entraînement était déjà bien entamé. Les mobilités articulaires et musculaires ont pu se trouver affectées notamment par l'exercice physique.

En ce qui concerne notre protocole, un problème majeur concerne l'appréciation de la fin de course lors du test de Kendall. A.Perrin (16) qui évalue l'extensibilité des ischio-jambiers avec ce même test évalue cette fin de course par une détection de la rétroversion du bassin grâce à un assistant qui place sa main sous la lordose lombaire. Dans notre travail, cette mesure est faite soit par le kinésithérapeute qui détermine une fin de course élastique souple, soit par le sujet qui ressent une sensation douloureuse. Malgré la contraction du membre inférieur opposé permettant la limitation, les deux différentes possibilités ne tiennent pas compte de la lordose éventuelle, ce qui peut être une source d'erreur.

Nous pouvons tout de même nous demander pourquoi le stretching en tension active est moins efficace que le tenu-relâché.

Tout d'abord intéressons nous aux structures cibles pour chaque type d'étirements. Le tenu-relâché sollicite davantage la composante contractile et la composante élastique parallèle. En théorie en fonction de la richesse en tissu conjonctif

et selon la limite de la physiologie, ces composantes peuvent se laisser étirer jusqu'à 150% de la longueur de repos lorsque le muscle est relâché. Le stretching en tension active quant à lui interroge surtout la composante élastique série représentée par la jonction myo-tendineuse. Le muscle étant contracté, l'étirement peut se développer jusqu'à 120 à 130% de sa longueur de repos. (13)

La position debout en appui bipodal pour la technique de l'étirement actif constitue peut-être un frein pour le gain d'amplitude. Ainsi, au contraire du tenu-relâché où l'étirement était réalisé par le kinésithérapeute et sur le seul membre de frappe, l'étirement actif réalisé par le sujet lui-même ciblait les ischio-jambiers contractés de chaque membre contribuant à une diminution d'un étirement spécifique sur le membre de frappe.

#### **9.5. Les différents éléments de la physiologie neuro-musculaire.**

Pour diminuer la sensation douloureuse et préserver l'intégrité musculaire, le réflexe myotatique inverse entre en jeu lorsqu'on atteint la position maximale lors d'un étirement en tension active. Lors d'un étirement actif maximal, les récepteurs sensitifs tels les organes tendineux de Golgi situés dans la jonction myo-tendineuse sensibles à la tension musculaire envoient alors l'information grâce aux fibres afférentes sur les interneurons médullaires inhibiteurs au niveau de la corne postérieure de la moelle. Ces derniers par un potentiel post synaptique inhibiteur diminuent l'activité des neurones moteurs alpha permettant une relaxation musculaire et une diminution de la tension. (12) (annexe II)

De nombreuses questions sur les mécanismes neurologiques et biomécaniques restent encore en suspens concernant la nette augmentation d'extensibilité à court terme avec la technique du le tenu-relâché. (19)

La relaxation neuromusculaire (cité dans la description du tenu-relâché chapitre 7.4.4) est souvent l'explication citée lorsque le gain d'amplitude est important. Cependant au cours de l'analyse électromyographique après contraction volontaire et résistée du soléaire, Guissard (20) et Majorj (21) observent sur un bref intervalle de 0 à 1 seconde post contraction une forte diminution de l'excitabilité des motoneurones

alpha respectivement de 46% et 83%. 5 secondes plus tard, l'excitabilité étant remontée respectivement à 85% et 70% des valeurs contrôles, ces résultats supposent que l'inhibition neuromusculaire n'est pas le seul mécanisme à intervenir afin d'afin de faciliter l'extensibilité musculaire.

D'après leurs études, certains auteurs (22) supposent que le changement de thixotropie musculaire serait la principale raison de l'augmentation d'amplitude tandis que d'autres comme Ballantyne (23) et Magnusson (24) évoquent une augmentation de la tolérance à l'étirement.

#### 9.6. Quand effectuer les étirements ?

Lors de l'échauffement, les étirements en tension passive responsables de l'interruption de l'irrigation sanguine ne sont pas conseillés car ils diminuent les performances (25) au contraire des étirements raisonnés myo-tendineux qui selon Esnault (fondatrice de la technique) (26) permettent au sportif de ressentir « une sensation de préparation à l'effort » grâce à un échauffement interne. A l'inverse, Cometti déconseille la plupart des étirements en phase de préparation à l'effort pour les sports n'utilisant pas les amplitudes extrêmes. (27)

Post effort, les étirements sont conseillés pour redonner aux muscles leurs longueurs originales de repos. Le muscle venant de subir des microlésions, un étirement dans le but de gagner en souplesse et aider la récupération pourrait entraîner des troubles supplémentaires. La circulation sanguine étant de nouveau diminuée par l'étirement, il semble plus judicieux d'effectuer des techniques moins traumatisantes tels que des massages circulatoires, des bains alternés chaud-froid ou de la cryothérapie corps entier. Commetti propose alors d'organiser des séances d'étirement pendant les entraînements pour gagner en souplesse et non post compétition.

## **10. CONCLUSION**

Notre étude montre que le tenu-relâché et stretching en tension active permettent un gain d'extensibilité des ischio-jambiers.

Avec une très bonne reproductibilité intra-évaluateur, nous obtenons une différence statistiquement significative pour les deux différentes techniques d'étirements. Post étirement, le tenu-relâché permet d'accroître de 12,4% l'amplitude en flexion de hanche tandis que le stretching en tension active ne l'augmente que de 6,4%.

Ce travail ne nécessitant aucune technologie sophistiquée s'adapte en fonction au ressenti manuel du kinésithérapeute et de chaque individu.

La population de notre étude étant basée sur des footballeurs masculins, il serait maintenant intéressant de vérifier les résultats sur une population de handballeur, de rugbymen ou bien une d'une population féminine. Ceux-ci peuvent-ils être comparables avec nos mesures ? De plus, nos résultats étant évalués sur une seule séance d'étirement et à court terme, aurions-nous des meilleurs résultats avec des séances quotidiennes ou effectuées sur le long terme ?

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. **GREMION G.** Les exercices d'étirement dans la pratique sportive ont-ils encore leur raison d'être? Une revue de la littérature. : Revue Médicale Suisse, 2005.
2. **PREVOST P.** Etirement et performance sportive. Kiné scientifique n°446, 2004. p. 5-13.
3. **BUTEL J, KLEIN A, PLAS F.** Etude de l'extensibilité des muscles ischio-jambiers. Ann. Kinésithér., 1980, Vol. 7, p. 205-208.
4. **DUFOUR M.** Anatomie de l'appareil locomoteur:Tome 1 membre inférieur. 2eme édition. Issy-les-Moulineaux cedex : Elsevier Masson, 2007. p. 244-257.
5. **SWECK A.** Etude comparative de l'hypoextensibilité des ischio-jambiers entre les footballeurs adultes jeunes et une population témoin. Nancy : Travail réalisé en vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute : IFMK Nancy, 2010-2011.
6. **ESNAULT M.** Stretching et préparation musculaire à l'effort. Ann. Kinésithér., t. 15, n°1-2, 1988, p. 49-62.
7. **DELLAL A.** De l'entraînement à la performance en football. Bruxelles : Edition De Boeck Université, 2008. p. 187. ISBN: 978-2-8041-5720-3.
8. **DUFOUR M, MICHEL P.** Biomécanique fonctionnelle : Membres-Tête-Tronc. Issy-les-Moulineaux cedex : Elsevier Masson, 2006. ISBN 2-294-08877-8.
9. **DROMZEE C.** Morphologie des muscles ischio-jambiers internes: concentration des structures tendineuses et conjonctives intra-musculaires. s.l. : recherches en vue de l'obtention du certificat national de moniteur cadres en masso-kinésithérapie: Ecole de Cadres de Kinésithérapie de Bois-Larris, 1979-1980.
10. **COMETTI G.** Les limites du stretching pour la performance sportive. 2ème partie : "les effets physiologique des étirements". [Online]

11. **GEOFFROY C.** Guide pratique des étirements: 150 exercices pour être en forme. Edition C.Geoffroy, 2008.
12. **YLINEN J.** Etirements musculaires en thérapie manuelle . s.l. : Elsevier Masson, 2009. ISBN 2842999754.
13. **ESNAULT M.** Deux notions distinctes dans l'étirement musculaire de type stretching: la tension passive et la tension active. s.l. : Ann. Kinésithér., t. 15, n°1-2, 1988. p. 69-70.
14. **SHARMAN J, CRESSWELL G, RIEK S.** Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching: Mechanisms and Clinical Implications. Sport Med: 36 (11), 2006, p. 929-939.
15. **PREVOST P.** L'échauffement: une nouvelle approche. Gym'Technic, avril-juin 2001, n°35.
16. **PERRIN A, AUREL C, PETITDANT B, ROYER A.** Extensibilité des ischio-jambiers: reproductibilité intra et inter-testeur d'un test inspiré de Kendall. Ann. Kinésithér. n°16, Avril 2003.
17. **ADA L.** Laissez tomber le petit p. Kinésithérapie, la revue n°96, 2009.
18. **COLE B, FINCH E, GOWLAND C, MAYO N.** Instrument de mesure des résultats en réadaptation physique. Association canadienne de physiothérapie, 1995.
19. **FRYER G.** Muscle energy technique: an evidence-informed approach. Int J Osteopath Med, 2011.
20. **GUISSARD N, DUCHATEAU J, HAINAUT K.** Le stretching musculaire: aspect neurophysiologiques et biomécaniques. Ann. Kinésithér. t. 15, n°10, 1988, p. 469-474.
21. **MOORE A, KUKULKA G.** Depression of Hoffmann Reflexes Following Voluntary Contraction and Implications for Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Therapy. Physical Therapy, Avril 1991, Vol. 71 numéro 4 .
22. **LAKIE M, ROBSON L.** Thixotropic changes in human muscle stiffness and the effects of fatigues. Experimental physiology, Juillet 1988, Vol. 73, p. 487-500.

23. **BALLANTYNE F, FRYER G, MCLAUGHLIN P.** The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: The mechanism of altered flexibility. s.l.: Journal of Osteopathic Medicine, 2003, Vol. 6, p. 59-63.
24. **MAGNUSSON SP, SIMONSEN EB, AAGAARD P, SORENSEN H, KJAER M.** A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle Journal of physiology, 497.1, 1996, p. 291-298.
25. **ESNAULT M.** Etirement analytique en kinésithérapie active. s.l.: Elsevier Masson, 1991. ISBN: 2-225-82609-9 .
26. **ESNAULT M, VIEL E, HARICHAUX P.** La pratique du "stretching", ou étirements raisonnés myo-tendineux et aponévrotique, neuro-physiologie, anatomie et méthodologie. Ann. Kinésitér. t. 15, n° 1-2, 1988, p. 3-11.
27. **COMETTI G.** Les limites du stretching pour la performance sportive. 1ère partie: "intérêt des étirements avant et après la performance". 150, s.l.: Sport Med, 2003, p. 5-14.
28. **MORCELLI MH, OLIVEIRA J, NAVEGA M.** Comparaison of static, ballistic and contract-relax stretching in hamstring muscle. 3, s.l.: Fisiterapia e Pesquisa, juillet 2013, Vol. 20, p.244-249. ISSN 1809-2950.
29. **SCHUBACK B, HOOPER J, SALISBURY L.** A comparison of a self-stretch incorporating proprioceptive neuromusculaire facilitation components and a therapist-applied PNF-technique on hamstring flexibility. Physiotherapy, Volume 90, Issue 3, Septembre 2004, Vol.90, p. 151-157.

# **ANNEXES**

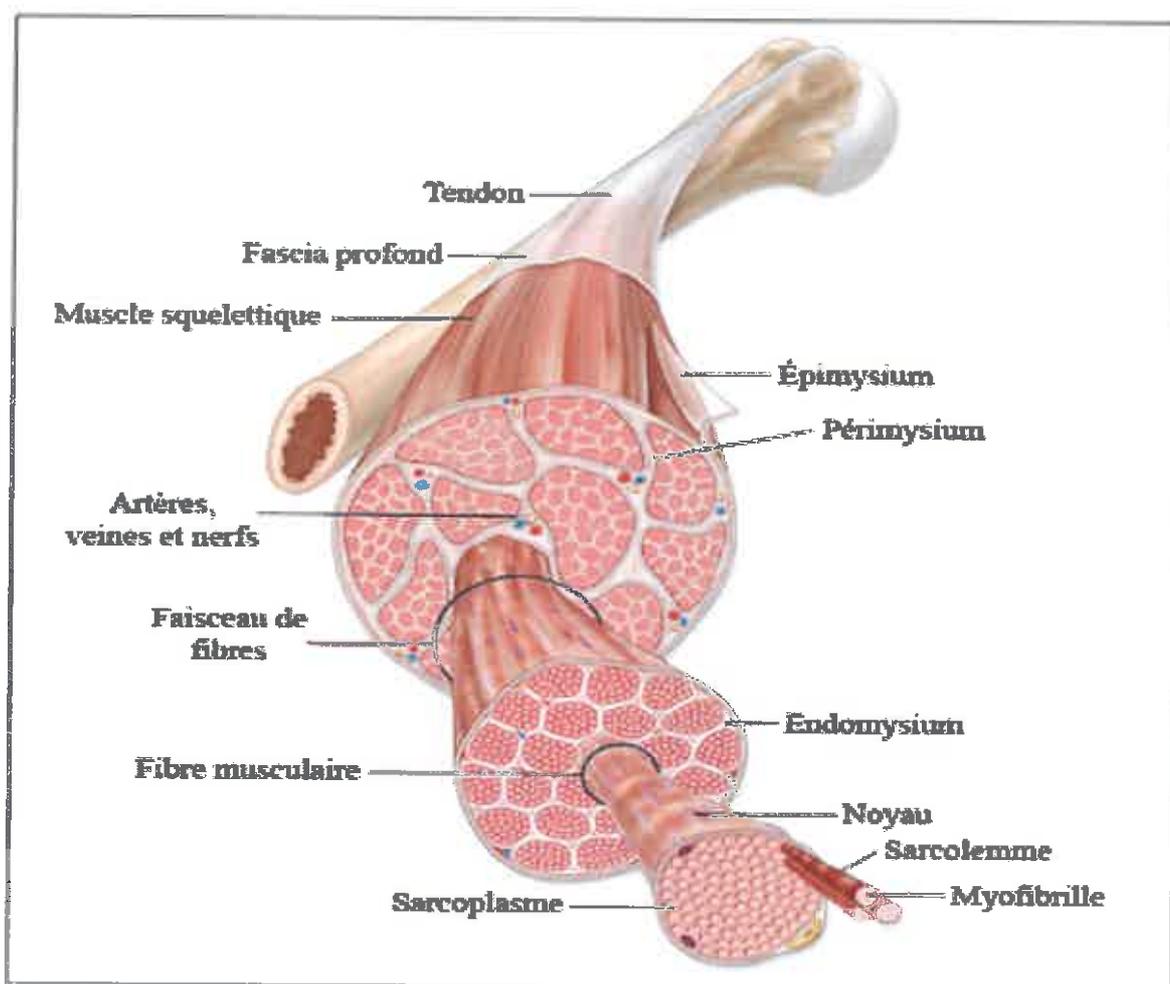
**Annexe I : La structure du muscle strié squelettique**

**Annexe II : Schématisation de l'arc réflexe du réflexe myotatique et myotatique inverse.**

**Annexe III : Fiche de renseignements**

**Annexe IV : Tableau des résultats**

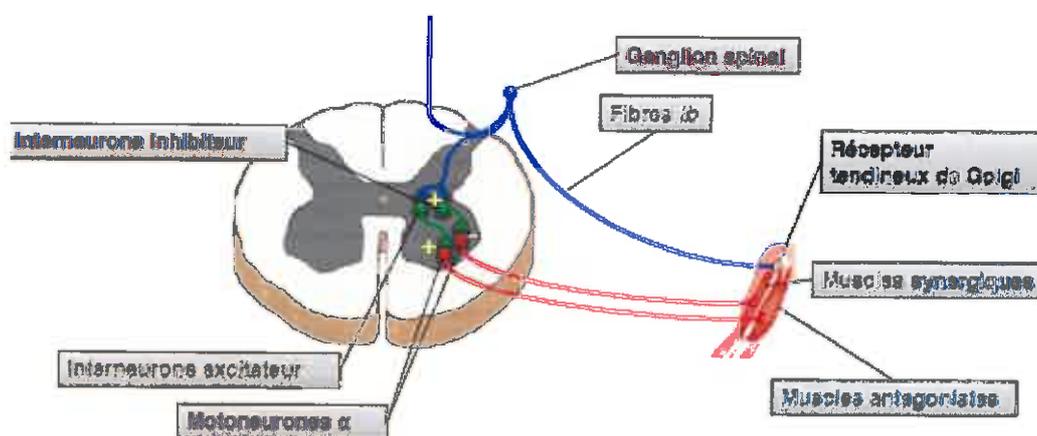
## **Annexe I : La structure du muscle strié squelettique**



Source : <http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/25962/ch03.html>

**Annexe II : Schématisation de l'arc réflexe du réflexe myotatique et myotatique inverse.**

**Arc réflexe du réflexe myotatique inverse**



Source : <https://facmed.univ-rennes1.fr/>

## **Annexe III : Fiche de renseignements**

### **Fiche renseignement patient**

NOM :

PRENOM :

AGE :

POIDS :

TAILLE :

Poste occupé ?

Depuis combien de temps pratiquez vous le football ?

Nombre d'entraînements par semaine ?

Membre inférieur de frappe ?

Vous étirez-vous après chaque entraînement ?

Pratiquez vous un autre sport que le football ? Si oui lequel ? Combien de temps par semaine ?

0-2h 2-4h 4-6h 6-8h

#### **Mesures effectuées :**

Avant Test 1 : ...

Avant tenu-relâché : ...

Avant stretching : ...

Après Test 1 : ...

Après tenu-relâché : ...

Après stretching : ...

### Annexe IV : Tableau des résultats

Joueurs	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC	T1	T2	AVTR	APTR	AVST	APST	Diff		Diff ST	Gain T	Gain TR	Gain ST
										T	TR				
1	70	174	23,1	74	76	78	86	74	80	2	8	6	2,70	10,26	8,11
2	70	175	22,9	72	70	72	80	74	78	-2	8	4	-2,78	11,11	5,41
3	75	185	21,9	62	64	62	72	64	68	2	10	4	3,23	16,13	6,25
4	56	165	20,6	84	82	84	86	84	84	-2	2	0	-2,38	2,38	0,00
5	82	179	25,6	58	60	58	68	60	68	2	10	8	3,45	17,24	13,33
6	82	183	24,5	70	68	70	80	72	80	-2	10	8	-2,86	14,29	11,11
7	84	184	24,8	72	74	74	82	74	80	2	8	6	2,78	10,81	8,11
8	72	174	23,8	68	68	72	84	74	80	0	12	6	0,00	16,67	8,11
9	68	175	22,2	74	70	74	82	70	74	-4	8	4	-5,41	10,81	5,71
10	63	178	19,9	60	60	60	68	60	60	0	8	0	0,00	13,33	0,00
11	107	181	32,7	60	62	62	68	64	70	2	6	6	3,33	9,68	9,38
12	72	180	22,2	58	58	54	72	58	62	0	18	4	0,00	33,33	6,90
13	80	180	24,7	62	64	70	76	68	70	2	6	2	3,23	8,57	2,94
14	53	164	19,7	68	66	70	78	68	74	-2	8	6	-2,94	11,43	8,82
15	90	185	26,3	62	64	64	72	62	68	2	8	6	3,23	12,50	9,68
16	72	180	22,2	70	74	76	82	74	78	4	6	4	5,71	7,89	5,41
17	75	180	23,1	64	64	62	72	62	64	0	10	2	0,00	16,13	3,23
18	100	180	30,9	90	90	88	90	88	88	0	2	0	0,00	2,27	0,00
19	65	172	22,0	64	68	72	82	72	78	4	10	6	6,25	13,89	8,33
20	73	180	22,5	58	60	60	66	58	62	2	6	4	3,45	10,00	6,90
21	73	174	24,1	70	68	70	80	68	72	-2	10	4	-2,86	14,29	5,88
22	79	181	24,1	66	66	68	78	68	72	0	10	4	0,00	14,71	5,88
23	68	172	23,0	64	64	66	74	64	68	0	8	4	0,00	12,12	6,25
24	80	187	22,9	74	72	74	80	72	78	-2	6	6	-2,70	8,11	8,33

<b>Moyenne</b>	75,38	177,83	23,73	67,67	68,00	69,17	77,42	68,83	73,17	0,33	8,25	4,33	0,64	12,41	6,42
<b>Ecart Type</b>	12,14	5,84	2,96	8,01	7,39	8,11	6,55	7,57	7,39	2,10	3,19	2,26	3,08	5,92	3,36
<b>Minimum</b>	53,00	164,00	19,71	58,00	58,00	54,00	66,00	58,00	60,00	-4,00	2,00	0,00	-5,41	2,27	0,00
<b>Maximum</b>	107,00	187,00	32,66	90,00	90,00	88,00	90,00	88,00	88,00	4,00	18,00	8,00	6,25	33,33	13,33
<b>IC</b>	4,86	2,34	1,19	3,21	2,96	3,24	2,62	3,03	2,96	0,84	1,28	0,90	1,23	2,37	1,35
<b>IC Mini</b>	70,52	175,50	22,55	64,46	65,04	65,92	74,79	65,80	70,21	-0,51	6,97	3,43	-0,59	10,05	5,07
<b>IC Maxi</b>	80,23	180,17	24,92	70,87	70,96	72,41	80,04	71,86	76,12	1,17	9,53	5,24	1,67	14,78	7,77